

„...Právě při redakční uzávěrce se do-
vídáme, že ministerstvo pošt a telegrafů
rozeslalo první pozvánky ke zkouškám ama-
térů radiooperátorů. Podle informací, jichž
se nám dostalo, jest již také vše připraveno
pro vydávání koncesí na amatérské vysílače
těm, kteří složí úspěšně zkoušku. Koncesní
listina ponese na rubu vytištěné podmínky,
za kterých je povolován provoz stanice...
Kromě toho jest přidáno další ustanovení,
že vlastník pokusného vysílacího zařízení
má podávat v pravidelných lhůtách soubor-
nou zprávu o výsledku svého experimento-
vání...

o „lampách“ za 65 Kč, soupřavách mezi-
frekvenčních transformátorů za 350 Kč
anebo amplionu za 465 Kč.

A jak vypadaly tehdejší přijímače?
Šlo o léta přechodu od krystalových
přijímačů k přijímačům elektronickým.
Tehdejší statistika např. udává, že z cel-
kového počtu přijímačů bylo ve Švédsku
60 %, SSSR 80 %, Maďarsku 65 %, Švýcarsku 30 %, Finsku 50 %, Německu
30 % a ve Francii 25 % krystalek.
Obdobná situace byla i v ČSR.

Výše zmíněný časopis v 6. čísle roč.
1929 uvádí, že zůstává stále věrný své zá-

Již 40 let...

*Tento krok značí novou etapu v oboru
soukromého experimentování s radiotele-
grafii v Československu... Celkem bylo asi
60 žádostí za amatérské vysílače, ale pouze
asi čtyřiceti bylo možno vyhověti... První
zkoušky určeny na 19. května a konají se
na ředitelství pošt a telegrafů v Praze II,
Jindřišská ulice...”*

Tato zpráva byla otištěna v 6. čísle ča-
sopisu Československý Radiosvět, roč.
1930. Uplynulo tedy právě 40 let od po-
čátku legálního radioamatérského vysí-
lání u nás. Proč legálního? Nu, vysílalo se
i předtím, avšak bez povolení a za útlaku
příslušných orgánů. Není bez zajímavosti
listovat tehdejšími časopisy a dočítat se
o tajném napínání vysílací antény, jež
musela do rána opět zmizet, aby nepou-
tala nežádoucí pozornost. Dočítáme se

sadě propagovat příjem na krystal jako
základ veškeré radiofonie. Proto přináší
návod na zhotovení přijímače typu „Ve-
lekrystal“. Autor p. Radba uvádí, že
v Bratislavě např. „možno lehce odladiti
rušící Vídeň a opět Budapešť od Vídně
okolo Košic“. Největší prostor zaujímá
přijímací vzduchová válcová cívka o prů-
měru 65 mm.

V „lampových“ přijímačích převládaly
zpětnovazební audiony typu Hartley,
Schnell, Reinartz apod.

Používaly se však již i superhety,
jejichž uspořádání se do dnešního dne ne-
změnilo.

Redakce RK chtěla na toto významné
výročí našeho radioamatérského hnutí
upozornit a připomenout drobnou, ne-
únavnou a někdy i hrdinskou práci desí-

tek tisíc amatérů vysílačů a posluchačů (RP). Proto jsme věnovali obsah tohoto čísla RK stavebnici amatérských rozhlasových přijímačů se zvláštním zaměřením

na poslech krátkovlnných pásem. Redakce doufá, že tím usnadní první kroky mladých zájemců v konstrukci rozhlasových a jiných elektronických zařízení.

Přijímače pro KV

Ing. Jiří Černý

Všimněme si nejprve základních vlastností přijímače, vhodného pro poslech na radioamatérských pásmech. Že jednou z jeho základních vlastností, kterou budeme dále sledovat, je možnost zhotovení dosažitelnými součástkami a materiály a hlavně s rozumnými výrobními náklady, je samozřejmé.

Rozdělení kmitočtových pásem

Jedním z nejdůležitějších parametrů přijímače je jeho kmitočtový (nebo vlnový) rozsah, tj. číselný údaj, udávající zpravidla nejnižší a nejvyšší kmitočet (nebo největší a nejmenší délku vlny), na němž přístroj pracuje.

Základním vztahem pro převod kmitočtu f a délky vlny λ je vzorec

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [\text{m}; \text{m/s}; \text{Hz}] \text{ nebo}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad [\text{Hz}; \text{m/s}; \text{m}], \quad (1)$$

kde c je rychlost šíření elektromagnetických vln, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Pro praxi se lépe hodí upravené vztahy

$$\lambda = \frac{300\,000}{f} \quad [\text{m}; \text{kHz};]$$

$$f = \frac{300\,000}{\lambda} \quad [\text{kHz}; \text{m}] \quad (2)$$

nebo

$$\lambda = \frac{300}{f} \quad [\text{m}; \text{MHz};]$$

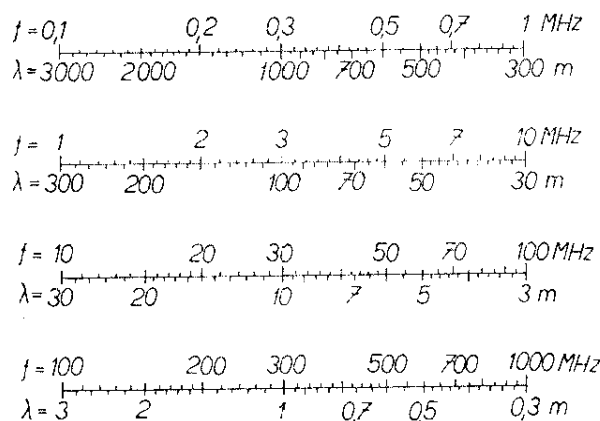
$$f = \frac{300}{\lambda} \quad [\text{MHz}; \text{m}] \quad (3)$$

K rychlému převodu použijeme nomogram na obr. 1. V občanské praxi je obvyklé vyjadřovat kmitočet tak, aby byl číselný údaj co nejjednodušší: tedy 15 MHz, nikoli 15 000 kHz nebo dokonce 15 000 000 Hz. V odborných pramenech se však často setkáme se všemi údaji v kHz (do kmitočtů asi 30 MHz, viz tab. 1)

Celé kmitočtové pásmo, tj. plynulou řadu kmitočtů elektromagnetických vln rozděluje norma ČSN 34 5352 – *Základní rozdělení kmitočtových pásem* na několik pásem dílčích. Jejich přehled je v tab. 2.

Elektromagnetické kmitočty řádu jednotek až desítek Hz zde neuvedené patří do oblasti bioniky, geofyziky apod.

Pásmo 3 a 4 odpovídá kmitům lidské řeči a hudby. Shora do pásma 4 zasahují některé speciální vysílače, např. pro spo-



Obr. 1. Nomogram k převodu kmitočtů a vlnových délek

Tab. 1. Výtah z rozdělení kmitočtů pro různé druhy služeb a provozu (stav po revizi v roce 1963)

Kmitočtové pásmo	Využívají služby, stanice nebo provoz	Kmitočtové pásmo	Využívají služby, stanice nebo provoz
[kHz]		17 700 až 17 900	rozhlás
150 až 160	pohyblivá námořní a rozhlás	18 030 až 18 036	kosmický výzkum ¹⁾
160 až 255	rozhlás (dlouhé vlny)	19 990 až 20 010	vysílání standardního kmitočtu 20 000 kHz
255 až 285	rozhlás a pohyblivá námořní, letecká radionavigace	20 007 ± 0,3	tísňový kmitočet pro kosmické lodi
500	tísňový kmitočet pro radiotelegrafii	21 000 až 21 450	radioamatéři (pásmo 15 m)
525 až 1 605	rozhlás (střední vlny)	21 450 až 21 750	rozhlás
1 715 až 2 000	radioamatéři (pásmo 160 m)	24 900 až 25 010	vysílání standardního kmitočtu 25 000 kHz
2 182	tísňový kmitočet pro radiotelefonii	25 600 až 26 100	rozhlás
2 300 až 2 498	rozhlás ¹⁾	27 120 ± 0,6 %	průmyslové, vědecké a lékařské použití
2 498 až 2 502	vysílání standardního kmitočtu 2 500 kHz	28 000 až 29 700	radioamatéři (pásmo 10 m)
3 500 až 3 800	radioamatéři (pásmo 80 m) ¹⁾	30 005 až 30 010	kosmické spoje, identifikace družic
3 950 až 4 000	rozhlás ¹⁾	[MHz]	
4 750 až 4 995	rozhlás ¹⁾	41 až 47	rozhlás VKV a televize
4 995 až 5 005	vysílání standardního kmitočtu 5 000 kHz	47 až 68	(I. pásmo)
5 005 až 5 060	rozhlás ¹⁾	87,5 až 100	rozhlás VKV (II. pásmo)
5 950 až 6 200	rozhlás	144 až 146	radioamatéři (pásmo 2 m)
7 000 až 7 100	radioamatéři (pásmo 40 m)	174 až 216	televize (III. pásmo)
7 100 až 7 300	rozhlás	430 až 440	radioamatéři ¹⁾ (pásmo 70 cm)
9 500 až 9 775	rozhlás	470 až 582	televize (IV. pásmo)
9 995 až 10 005	vysílání standardního kmitočtu 10 000 kHz	582 až 606	televize ¹⁾ (IV. a V. pásmo)
11 700 až 11 975	rozhlás	606 až 790	televize (V. pásmo)
13 560 ± 0,05 %	průmyslové, vědecké a lékařské použití	790 až 960	televize ¹⁾ (V. pásmo)
14 000 až 14 350	radioamatéři (pásmo 20 m)	1 215 až 1 300	radioamatéři ¹⁾ (pásmo 24 cm)
14 990 až 15 010	vysílání standardního kmitočtu 15 000 kHz	2 300 až 2 450	radioamatéři ¹⁾ (pásmo 12 cm)
15 100 až 15 450	rozhlás	5 725 až 5 850	radioamatéři ¹⁾ (pásmo 5 cm)
15 762 až 15 768	kosmický výzkum ¹⁾	10 000 až 10 500	radioamatéři ¹⁾ (pásmo 3 cm)
		[GHz]	
		21 až 22	radioamatéři (pásmo 1,5 cm)
Pozn.: ¹⁾ spolu s jinými službami			

jení s ponořenými ponorkami. Pásmo 5 až 7 slouží většině běžných radiových a rozhlasových přenosů. Sem spadají pásma, známá pod hovorovým označením dlouhé, střední a krátké vlny.

V pásmu 8 pracuje většina rozhlasových (kmitočtově modulovaných) a televizních stanic. Pásmo 9 skrývá bohatou rezervu pro budoucí druhé a další televizní programy. Těchto dvou pásem využívají

Tab. 2. Rozdělení kmitočtů elektromagnetických vln

Číslo pásma	Rozsah pásma		Metrické označení	
	od	do (včetně)	název vln	zkratka
3	300	3 000 Hz	dekametrymetrové	—
4	3	30 kHz	myriametrové	mam
5	30	300 kHz	kilometrové	km
6	300	3 000 kHz	hektometrové	hm
7	3	30 MHz	dekametrové	Dm
8	30	300 MHz	metrové	m
9	300	3 000 MHz	decimetrové	dm
10	3	30 GHz	centimetrové	cm
11	30	300 GHz	milimetrové	mm
12	300	3 000 GHz	decimilimetrové	—

i některé radioreléové spoje pro přenos rozhlasové a televizní modulační anebo stovek telefonních hovorů (především v pásmu 10, v okolí 10 GHz). Poslední dvě pásma se teprve začínají využívat pro kosmické, navigační a telekomunikační účely.

Je samozřejmé, že takové dělení je pro skutečný provoz příliš hrubé. Proto byl na konferenci Mezinárodní telekomunikační unie UIT (ITU) v r. 1959 v Ženevě dohodnut Radiokomunikační řád, který pro jednotlivé služby a druhy provozu dělí kmitočtová pásma od 10 kHz (délka vlny 30 km) do 40 GHz (7,5 mm). Z velmi rozsáhlého přehledu byly vybrány údaje v tab. 1, zajímavé z hlediska našeho dalšího výkladu.

V „mezerách“ našeho přehledu je nepřehledný počet profesionálních pozemních, námořních, leteckých a kosmických spojů.

Některé země však z nejrůznějších důvodů podaly k tomuto rozdělení své výhrady a připomínky. Tak např. většina socialistických zemí používá pásmo 68 až 73 MHz pro rozhlas VKV a pásmo 76 až 87,5 MHz pro televizi, ačkoli jsou v průvodním návrhu určena pro jiné druhy pevných a pohyblivých radiostanic. Z toho důvodu je třeba tab. 1 považovat za informativní a v případě vážného

zájmu je třeba požádat o vysvětlení orgány spojů.

Totéž pak platí pro pásma, určená k provozu čs. radioamatérských stanic. Zde jsou rozhodující tzv. povolovací podmínky, jež byly uveřejněny v AR 1/68. Pásma, která mohou používat čs. radioamatérské stanice, jsou uvedena v tab. 3. Většina provozu a zájmu se soustředí na pásma 1,8; 3,5; 7 a 14 MHz, na jejichž poslech zaměříme konstrukci následujících přijímačů.

Tab. 3. Kmitočtová pásma pro čs. radioamatéry

Kmitočet [MHz]			
f_{\min}	f_{\max}	f_{\min}	f_{\max}
1,75	1,95	21	21,45
3,5	3,8	28	29,7
7,0	7,1	144	146
14,0	14,35	atd.	

Komunikační přijímače

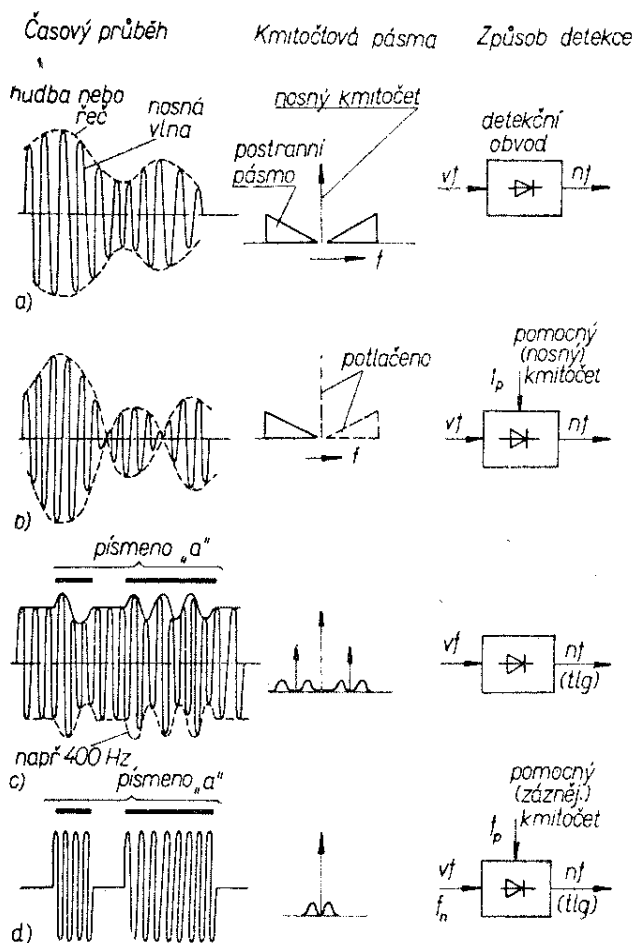
Přijímače uzpůsobené k dálkovému poslechu ve více vlnových rozsazích pro poslech radiotelegrafního a radiofonického (krátce: fonického) provozu s různými druhy modulační se obvykle nazývají komunikační (sdělovací) přijímače.

Na která kmitočtová pásma soustředíme zájem, víme už z předchozího oddílu. Všimněme si nyní, které druhy přenosu se v radioamatérské práci používají.

Při fonickém provozu je amplituda vysokofrekvenčního kmitočtu modulována hlasem, méně často hudbou. Přenáší-li se podle obr. a v tab. 4 nosný kmitočet a obě postranní pásma, postačí k demodulaci jednoduchý detekční obvod s diodou.

Z hlediska přenosu informace je nosný kmitočet a jedno z postranních pásem zbytečné. Potlačíme-li je (obr. b), můžeme celý přípustný výkon soustředit do pás-

Tab. 4



ma zbývajícího. Tím se zvětší dosah vysílače, zmenší se rušení signálu šumem a atmosférickými poruchami. Tento druh přenosu bývá v literatuře označován zkratkou SSB (z angl. single side band, tj. jedno postranní pásmo). Při poslechu signálu SSB na běžném přijímači je zvuk značně zkreslen. Proto je třeba do detekčního obvodu přivést pomocný signál, nahrazující chybějící signál nosného kmitočtu.

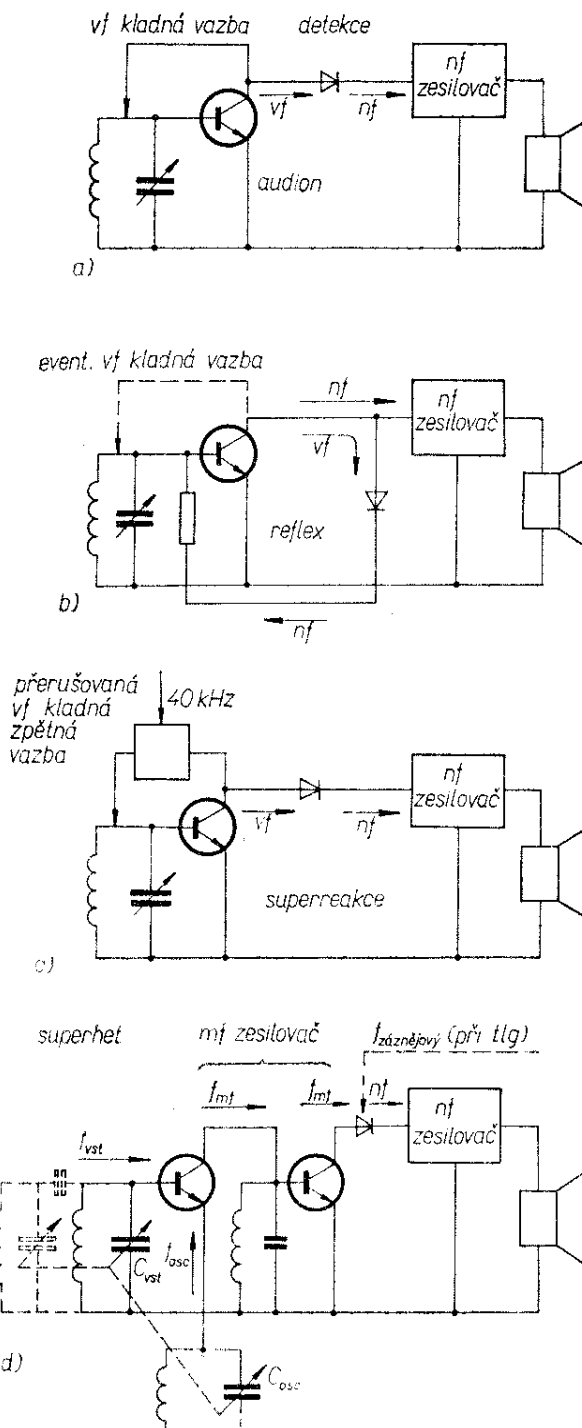
Profesionální stanice používají pro přenos telegrafie modulaci nosné vlny dobře slyšitelným kmitočtem, např. 400 Hz. Jak vypadá vysílaný signál ukazuje obr. c (tab. 4). Kolem pomocných kmitočtů 400 Hz jsou spojitá spektra, odpovídající klíčování a nesoucí vlastní informaci. K příjmu postačí opět pouhý detekční obvod.

Amatérské stanice pomocný slyšitelný kmitočet většinou nepoužívají a klíčí nosnou vlnu. Náhodná spektra klíčování

jsou podle obr. d (tab. 4) tak těsně rozložena kolem ní, že leží pod pásmem přenosu nf zesilovače běžného přijímače. Signály lze slyšet zavedením pomocného kmitočtu f_p do detekčního obvodu. Smíšením nosného a pomocného kmitočtu vznikne v rytmu klíčování slyšitelný zázněj $f_n \pm f_p$.

Jaké typy přijímačů se tedy hodí pro poslech radioamatérského provozu?

Tab. 5.



K nejjednodušším patří známý audion na obr. *a* v tab. 5. Mívá jediný laděný vf předzesilovač, jehož zisk a selektivita jsou řízeny nastavitelnou kladnou zpětnou vazbou. Je-li kladná vazba nastavena tak, že se předzesilovač rozkmitá, je současně zdrojem dříve zmíněných pomocných kmitočtů, potřebných k poslechu SSB a nemodulované telegrafie. Přes řadu nevýhod (malá citlivost a selektivita, choulostivá obsluha) bude pro svoji jednoduchost stále oblíben mezi amatéry-začátečníky.

Na obr. *b* (tab. 5) je blokové schéma reflexního přijímače. První tranzistor je zapojen tak, že zesiluje jak vysokofrekvenční signál, tak i nízkofrekvenční signál po detekci. Je tedy využit dvakrát, což vede ke zmenšení počtu součástek přijímače nebo zvětšení citlivosti při jejich stejném počtu. Používá se proto v nejlevnějších kapesních přijímačích.

Na obr. *c* (tab. 5) je blokové schéma přijímačů se superreakcí. Superreakční přijímače využívají zkušenosti, že audion je nejcitlivější těsně pod bodem rozkmitání. Kladná vazba audionového stupně superreakčního přijímače se zesiluje a zeslabuje v rytmu nadakustického pomocného kmitočtu 20 až 50 kHz. Audion neustále prochází nejcitlivějším bodem své činnosti, neboť se střídavě rozkmitává a hned nato tlumí. Superreakční přijímač má vynikající citlivost, avšak malou selektivitu. Používá se nejčastěji v přijímačích pro řízení modelů a v levných pojítkách v pásmu VKV.

Vzhledem k choulostivému nastavení pracovních podmínek se oba popsané principy nehodí pro přijímače s více vlnovými rozsahy.

Konečně na obr. *d* (tab. 5) je blokové schéma superhetu. Potřebnou selektivitu a zesílení zajišťuje pevně naladěný zesilovač jediného mezifrekvenčního kmitočtu f_{mf} . Na tento kmitočet je tedy třeba změnit původní kmitočet přijímané stanice f_{vst} . Tuto funkci plní směšovač s oscilátorem. Oscilátor pracuje zpravidla na kmitočtu vyšším než je kmitočet přijímaný právě o mezifrekvenční kmitočet. Jejich smísením jako rozdílový produkt

$$f_{osc} - f_{vst} = f_{mf} \quad (4)$$

vznikne právě žádaný kmitočet mezifrekvenční. Ve srovnání se všemi předchozími typy má superhet jednoduchou obsluhu a lze u něj dosáhnout největší citlivosti a selektivity. Zisk vf a mf obvodů lze řídit stejnosměrnou složkou detekovaného signálu z detekčního obvodu. Toto automatické řízení zesílení (AVC, z angl. automatic volume control) ponechá plné zesílení přijímače při příjmu slabých stanic, zatímco zmenší zesílení při příjmu stanice silné.

Superhet má ovšem i několik nevýhod.

Při příjmu ruší tzv. zrcadlové kmitočty, tj. nežádoucí stanice, jež „posune“ směšovač do mezifrekvenčního kmitočtu. Jde především o stanici o f_{mf} nad kmitočtem oscilačním, tedy

$$f'_{vst} - f_{osc} = f_{mf} \quad (5).$$

Důsledkem je, že

a) kromě žádané stanice f_{vst} slyšíme i stanice nežádoucí o kmitočtu $f'_{vst} = f_{vst} + 2f_{mf}$;

b) každou stanici nalezneme na stupnici dvakrát, tj. poprvé ve správné poloze, podruhé při kmitočtu oscilátoru f'_{osc} , kdy $f_{vst} - f'_{osc} = f_{mf}$.

O kolik bude nežádoucí signál potlačen (slabší než stanice přijímaná), rozhoduje selektivita vstupního obvodu. Proto se u jakostních přijímačů používá dvou i více laděných obvodů za sebou, dvojího směšování nebo alespoň vyššího mf kmitočtu (několik MHz). Podrobnější výklad však přesahuje rámec tohoto RK a zájemce jej nalezne např. v knize J. Navrátil: Konstrukce krátkovlnných přijímačů.

Amatér nemá možnost kontrolovat průběh kmitů oscilátoru. Jsou-li kmity zkresleny, uplatní se při směšování i jejich vyšší harmonické. Na středovlnném rozsahu se může objevit – ovšem slabě – některá stanice krátkovlnná. Poznamenáme, že vyšších harmonických kmitočtů oscilátorů se běžně využívalo za války k poslechu krátkovlnných zahraničních stanic i na přijímačích, z nichž okupanti na celém území tzv. protektorátu „vyštípali“ krátkovlnné cívky.

Superhet je též citlivý na přímé proniknutí mezifrekvenčního kmitočtu z antény. Tento signál pak ruší příjem všech stanic a nejčastěji se projevuje jako hviz-

dy připomínající audion s „utaženou“ zpětnou vazbou. Obranou proti tomuto jevu je volba mf kmitočtu v oblasti, kde pracuje málo stanic: u běžných přijímačů od 450 do 480 kHz, tedy v blízkosti tísňového kmitočtu podle tab. 1 a zařazením mf odladovače do anténního přívodu.

K poslechu signálů SSB a nemodulované telegrafie musí být superhet vybaven zdrojem pomocného kmitočtu, tzv. záznejovým oscilátorem. Signál z tohoto oscilátoru zavádíme do přístroje před detekčním obvodem a jeho kmitočet se liší od f_{mf} o slyšitelný rozdíl několika set Hz. Záznejový oscilátor je v literatuře označován zkratkou BFO (z angl. beat frequency oscillator).

Všimněme si parametrů jakostního továrního výrobku, přijímače Heathkit SB – 310, určeného výhradně k poslechu radioamatérských pásem (typ přijímače byl z prospektů vybrán náhodně, bez reklamních úmyslů).

Kmitočtové rozsahy:

3,5 až 4,0 MHz,	5,7 až 6,2 MHz,
7,0 až 7,5 MHz,	9,5 až 10,0 MHz,
11,5 až 12 MHz,	14,0 až 14,5 MHz,
15,0 až 15,5 MHz,	17,5 až 18,0 MHz,
	26,9 až 27,4 MHz.

Mezifrekvenční kmitočet: 3,395 MHz.

Stálost oscilátoru: ± 100 Hz/hod.

Druhy přijímaného signálu: AM, obě postranní pásma a nosná; AM, jedno postranní pásmo (SSB); nemod. telegrafie pomocí záznejového oscilátoru.

Citlivost: lepší než $0,3 \mu V$ pro odstup signálu od šumu 10 dB.

Selektivita: 6 dB při rozladění o 5 kHz, 60 dB při rozladění o 15 kHz.

Potlačení zrcadlových kmitočtů: 60 dB.

Potlačení mf kmitočtu: 40 dB.

Nf výstup: 200 až 4 750 Hz s poklesem 6 dB, 1 W.

Různé: možnost odpojení AVC, ručkový ukazatel vyladění.

Osazení: 11 elektronek, 8 diod.

Napájení: 120/220 V, 50 W.

Rozměry: $376 \times 165 \times 344$ mm.

Váha: 8,5 kg.

...a ovšem také *cena*: asi 3 000 devizových Kčs.

My však musíme přizpůsobit své představy dosažitelnému sortimentu součástek, vybavení domácí dílny a prostřed-

kům, jež chceme nebo můžeme na stavbu vynaložit. Proto autor měl na mysli možnosti mladých a začínajících amatérů a volil stavebnicové uspořádání, při němž složitější zapojení využívají součástek a dílů předchozích jednodušších přijímačů.

Laděné obvody

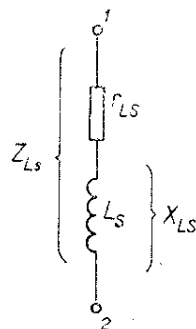
Dnešní metody přenosu bezdrátového i po vedení využívají tzv. kmitočtového dělení kanálů. Znamená to, že jednotlivé přenosové kanály (radiostanice) jsou rozlišeny kmitočtem nosné vlny. Tato nosná vlna je pak zvoleným způsobem ovlivňována (modulována) v rytmu přenášené nízkofrekvenční informace (řeč, hudba). V oboru kmitočtů, vyhrazených v tomto RK následujícím popisům, je to rozkmit neboli amplituda a hovoříme proto o amplitudové modulaci.

K oddělení žádané stanice ze spektra signálů přijímaných anténou využíváme laděných obvodů, skládajících se z paralelního nebo sériového spojení indukčnosti a kapacity. Protože s návrhem, výpočtem a konstrukcí takového laděného obvodu se v dalších oddílech budeme neustále setkávat, věnujeme mu následující výklad.

Základní součásti laděného obvodu

Indukčnost

V oblasti kmitočtů od 10 kHz do 100 MHz bývá indukčnost realizována cívkou (obr. 2). Její reaktance



Obr. 2. Náhradní schéma indukčnosti se sériovým ztrátovým odporem

$$X_{Ls} = j\omega L_s \quad [\Omega; \text{rad/s}; \text{H}] \quad (6)$$

je teoreticky čistě imaginární a zpožďuje fázi procházejícího proudu proti přiloženému napětí o $\pi/2 = 90^\circ$.

Cívka nemá žádné ztráty, neboť energie uložená během jedné půlperiody do magnetického pole, se v druhé beze zbytku opět změní v energii elektrickou.

Použitý vodič má určitý nenulový činný odpor r_{Ls} , takže ve skutečnosti bude mezi vývody cívky impedance

$$Z_{Ls} = r_{Ls} + j\omega L_s \quad (7).$$

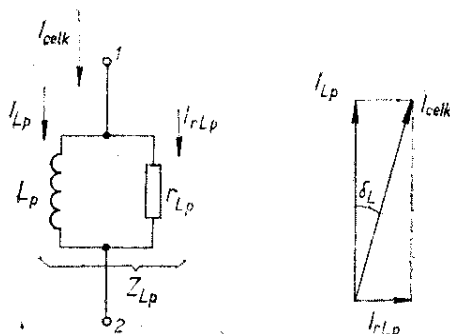
Průtokem proudu se část energie změní v teplo na činném odporu r_{Ls} . Snažíme se proto, aby tento odpor byl co nejmenší a používáme jej jako měřítko v tzv. činiteli jakosti

$$Q_L = \frac{\omega L_s}{r_{Ls}} \quad (8),$$

který je dán poměrem reaktanční složky ωL_s ke ztrátové složce r_{Ls} . V praxi je jeho velikost řádu desítek až stovek, nejčastěji kolem 100. Méně obvyklé je náhradní schéma s paralelním ztrátovým odporem podle obr. 3 s celkovou impedancí

$$\begin{aligned} Z_{Lp} &= \frac{r_{Lp} j\omega L_p}{r_{Lp} + j\omega L_p} = \\ &= \frac{\omega^2 L_p^2 r_{Lp}}{r_{Lp}^2 + \omega^2 L_p^2} + j \frac{\omega L_p r_{Lp}^2}{r_{Lp}^2 + \omega^2 L_p^2} \quad (9). \end{aligned}$$

Ztráty cívky se hodnotí tzv. ztrátovým činitelem, tangentou úhlu δ (tangens delta), úhlu mezi celkovým proudem a složkou I_{Lp}



Obr. 3. Náhradní schéma indukčnosti s paralelním ztrátovým odporem

$$\text{tg} \delta_L = \frac{\omega L_p}{r_{Lp}} \quad (10).$$

Pro vzájemný převod obou náhradních schémat platí vztahy

$$\begin{aligned} r_{Ls} &= \frac{\omega^2 L_p^2 r_{Lp}}{r_{Lp}^2 + \omega^2 L_p^2} = r_{Lp} \frac{\text{tg}^2 \delta_L}{1 + \text{tg}^2 \delta_L} \approx \\ &\approx r_{Lp} \frac{\omega^2 L_p^2}{r_{Lp}^2} \approx r_{Lp} \text{tg}^2 \delta_L \quad (11) \end{aligned}$$

$$L_s = \frac{L_p r_{Lp}^2}{r_{Lp}^2 + \omega^2 L_p^2} = L_p \frac{1}{1 + \text{tg}^2 \delta_L} \approx L_p \quad (12)$$

Zjednodušení platí za předpokladu, že $(r_{Lp}/\omega L_p) \gg 1 \gg \text{tg} \delta_L$.

Naopak

$$\begin{aligned} r_{Lp} &= \frac{r_{Ls}^2 + \omega^2 L_s^2}{r_{Ls}} = r_{Ls} (1 + Q_L^2) \approx \\ &\approx \frac{\omega^2 L_s^2}{r_{Ls}} \approx r_{Ls} Q_L^2 \quad (13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= L_s \frac{r_{Ls}^2 + \omega^2 L_s^2}{\omega^2 L_s^2} = \\ &= L_s \left(1 + \frac{1}{Q_L^2} \right) \approx L_s \quad (14) \end{aligned}$$

kde zjednodušit můžeme, pokud

$$(r_{Ls}/\omega L_s) \ll 1 \ll Q_L.$$

Pak také přibližně

$$Q_L \approx \frac{1}{\text{tg} \delta_L} \quad (15)$$

Kapacita

Ve výše uvedené oblasti kmitočtů bývá kapacita laděného obvodu realizována dvěma kovovými elektrodami, oddělenými nevodivým dielektrikem. Kondenzátor na obr. 4 má teoreticky čistě imaginární reaktanci

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} \quad [\Omega; \text{rad/s}, \text{F}] \quad (16)$$

a zpožďuje fázi vznikajícího napětí o $\pi/2 = 90^\circ$ proti fázi protékajícího proudu a nemá ztráty.

Konečný odpor dielektrika a další vlivy působí, že část procházejícího elektrického výkonu se promění v teplo v náhradním ztrátovém odporu r_{Cp} . Mezi svorkami 1, 2 je tedy výsledná impedance

$$Z_{Cp} = \frac{r_{Cp} \frac{1}{j\omega C_p}}{r_{Cp} + \frac{1}{j\omega C_p}} = \frac{r_{Cp}}{1 + \omega^2 r_{Cp}^2 C_p^2} - j \frac{\omega^2 r_{Cp}^2 C_p^2}{1 + \omega^2 r_{Cp}^2 C_p^2} \quad (17).$$

Měřítkem jakosti kondenzátoru je tangenta úhlu mezi fází I_{celk} a I_{Cp}

$$\operatorname{tg} \delta_C = \frac{1}{\omega C_p r_{Cp}} \quad (18).$$

Velikost $\operatorname{tg} \delta_C$ kondenzátorů vhodných pro laděné obvody se vzduchovým, styroflexovým nebo slídovým dielektrikem je řádu 10^{-4} až 10^{-3} .

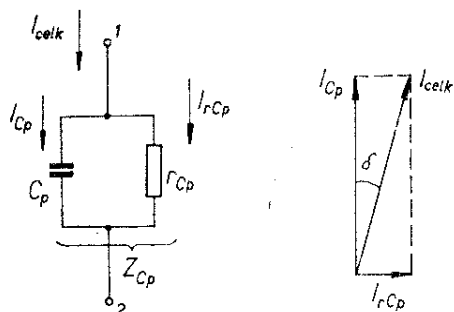
Méně často se používá náhradní schéma kondenzátoru se sériovým ztrátovým odporem (obr. 5) o celkové impedanci

$$Z_{Cs} = r_{Cs} + \frac{1}{j\omega C_s} \quad (19)$$

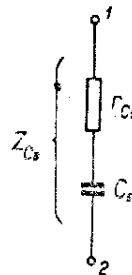
u něhož se používá opět činitel jakosti

$$Q_C = \frac{1}{\omega C_s r_{Cs}} \quad (20).$$

Pro vzájemný převod obou náhradních zapojení platí vztahy



Obr. 4. Náhradní schéma kapacity s paralelním ztrátovým odporem



Obr. 5. Náhradní schéma kapacity se sériovým ztrátovým odporem

$$r_{Cs} = \frac{r_{Cp}}{1 + \omega^2 C_p^2 r_{Cp}^2} = r_{Cp} \frac{\operatorname{tg}^2 \delta_C}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_C} \approx \frac{1}{\omega^2 C_p^2 r_{Cp}} \approx r_{Cp} \operatorname{tg}^2 \delta_C \quad (21)$$

$$C_s = \frac{1 + \omega^2 r_{Cp}^2 C_p^2}{\omega^2 r_{Cs}^2 C_p} = C_p (1 + \operatorname{tg}^2 \delta_C) \approx C_p \quad (22)$$

kde zjednodušení platí za předpokladu, že

$$\omega C_p r_{Cp} \gg 1 \gg \operatorname{tg} \delta_C.$$

Naopak

$$r_{Cp} = \frac{1 + \omega^2 C_s^2 r_{Cs}^2}{\omega^2 C_s^2 r_{Cs}} = r_{Cs} (1 + Q_C^2) \approx \frac{1}{\omega^2 C_s^2 r_{Cs}} \approx r_{Cs} Q_C^2 \quad (23)$$

$$C_p = \frac{C_s}{1 + \omega^2 C_s^2 r_{Cs}^2} = C_s \frac{Q_C^2}{1 + Q_C^2} \approx C_s \quad (24)$$

když podmínkou zjednodušení je

$$Q_C \gg 1 \gg \omega C_s r_{Cs};$$

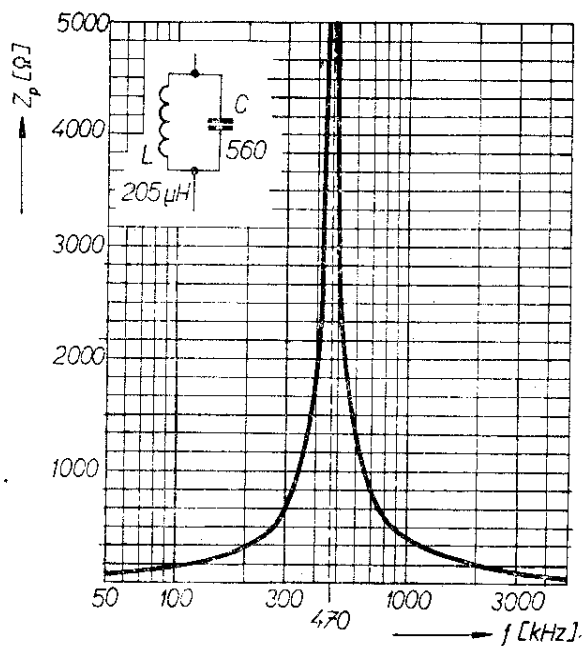
pak přibližně platí, že

$$Q_C \approx 1/\operatorname{tg} \delta_C \quad (25).$$

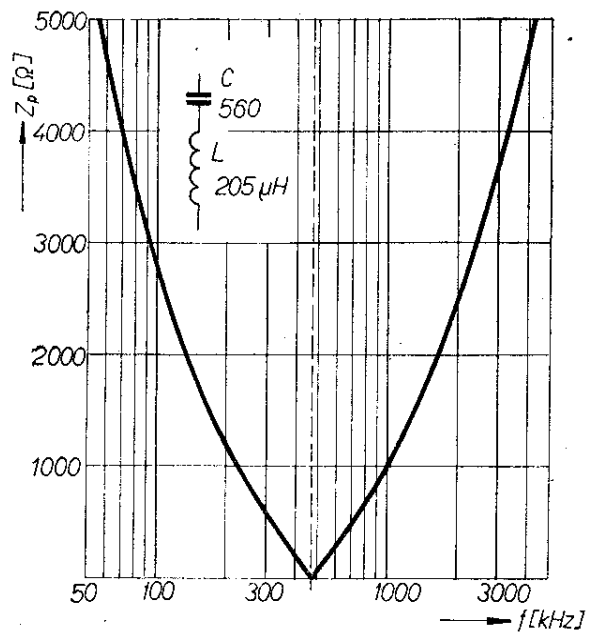
Bezztrátový laděný obvod

Při zrychleném a informačním výpočtu pro zjednodušení zanedbáváme ztráty indukčnosti i kapacity.

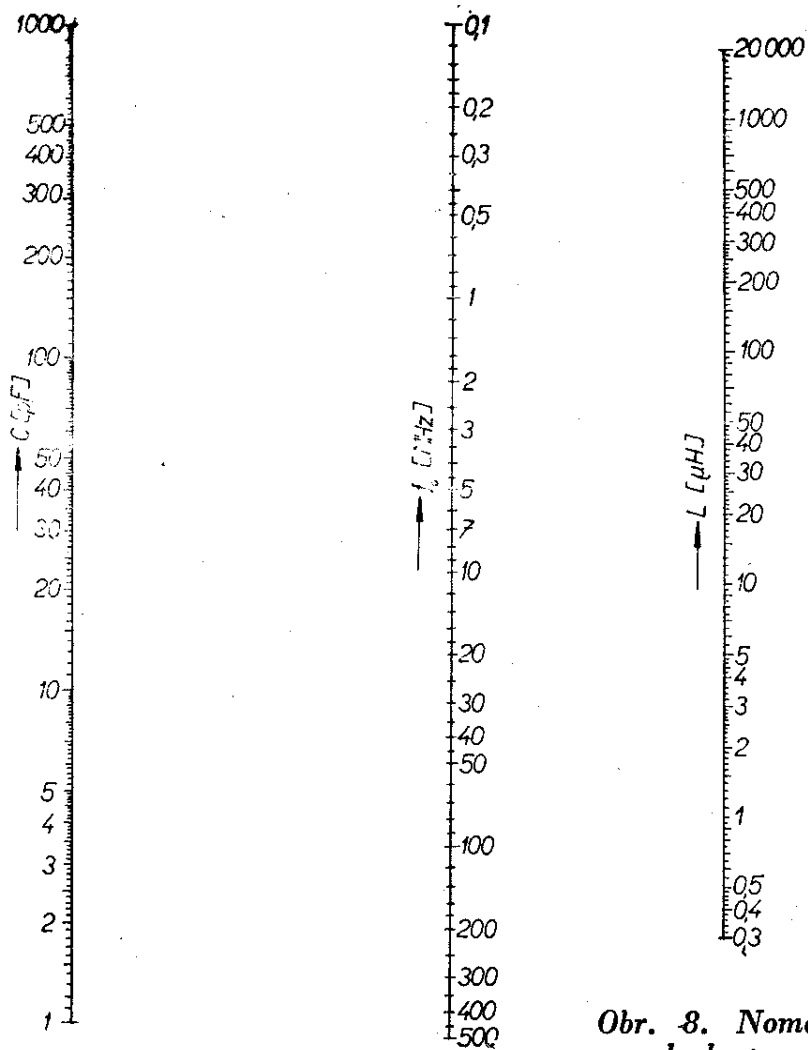
Při rezonančním úhlovém kmitočtu ω_0 jsou absolutní velikosti indukční i kapacitní reaktance stejné



Obr. 6. Paralelní laděný obvod



Obr. 7. Sériový laděný obvod



Obr. 8. Nomogram k rychlému určení hodnot součástek laděného obvodu

$$10 \cdot \frac{1}{70} R_K$$

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \quad (26)$$

takže snadno odvodíme tzv. Thompsonův vzorec

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ [rad/s; H; F]}$$

$$\text{nebo } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ [Hz; H, F]} \quad (27).$$

Impedance paralelního laděného obvodu (obr. 6)

$$Z_p = \frac{j\omega L \frac{1}{j\omega C}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC} \quad (28)$$

se za rezonance zvětšuje při $\omega = \omega_0$ k nekonečnu.

Naopak impedance sériového laděného obvodu na obr. 7

$$Z_s = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1 - \omega^2 LC}{j\omega C} \quad (29)$$

se zmenšuje za rezonance při $\omega = \omega_0$ k nule.

Použití vzorce (27) je poněkud nesnadné vzhledem k neobvyklým jednotkám (farady, henry). Proto se v literatuře obvykle udává ve tvaru

$$f_0 = \sqrt{\frac{25\,330}{LC}} \text{ [MHz; } \mu\text{H, pF]} \quad (30)$$

upraveném pro jednotky obvyklé v radio-technice.

K přibližnému stanovení veličin laděného obvodu použijeme s výhodou spojnicový nomogram na obr. 8.

Ze vzt. (26) nebo (30) vyplývá, že se kmitočet mění s odmocninou kapacity anebo indukčnosti. Změní-li se kapacita čtyřikrát, změní se kmitočet pouze dvakrát apod.

V dnešní praxi se při změně přijímacího pásma přepínají nebo vyměňují cívky. Spojitě proměnný otočný kondenzátor slouží k ladění uvnitř kmitočtového pásma. Rozsah přijímaného pásma od kmitočtů $f_{0\min}$ do $f_{0\max}$ tedy závisí na

možném rozsahu kapacit C_{\min} až C_{\max} , kterým je možno nastavit

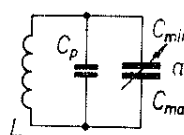
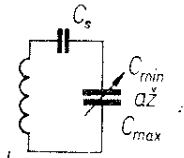
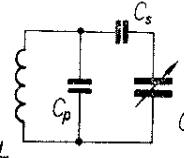
$$f_{0\min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\max}}};$$

$$f_{0\max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\min}}} \quad (31)$$

Běžné otočné kondenzátory mívají poměr maximální a minimální kapacity $C_{\max}/C_{\min} = 15$ až 20. Při zapojení do přijímače se však uplatní i parazitní kapacity spojů cívek a tranzistorů $C_{\text{par}} = 10$ až 20 pF, jež zmenší skutečně využitelný rozsah ladění na

$$\frac{f_{0\max}}{f_{0\min}} = \sqrt{\frac{C_{\max} + C_{\text{par}}}{C_{\min} + C_{\text{par}}}} = 2,5 \text{ až } 3,5 \quad (32)$$

Tab. 6

Východí údaje: $\omega_{\min} = 2\pi f_{\min}$, C_{\min} $\omega_{\max} = 2\pi f_{\max}$, C_{\max}	
	$C_p = \frac{\omega_{\min}^2 C_{\max} - \omega_{\max}^2 C_{\min}}{\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2}$
	$L = \frac{1}{\omega_{\max}^2 (C_{\min} + C_p)} = \frac{1}{\omega_{\min}^2 (C_{\max} + C_p)}$
	$C_p = C_{\max} C_{\min} \frac{\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2}{\omega_{\min}^2 C_{\max} - \omega_{\max}^2 C_{\min}}$
	$L = \frac{C_{\min} + C_p}{\omega_{\max}^2 C_{\min} C_p} = \frac{C_{\max} + C_p}{\omega_{\min}^2 C_{\max} C_p}$
	Výpočet v textu

jež právě postačí pokrýt rozsah středních nebo dlouhých vln (viz tab. 1).

Pásmo radioamatérského provozu jsou poměrně úzká a ladění usnadní, bude-li pásmo „rozestřeno“ na co největší úhel otáčení ladicího kondenzátoru. V takovém případě připojíme k ladicímu kondenzátoru vnější pomocné pevné kondenzátory, které omezí rozsah kmitočtů přijímaného pásma na zvolenou velikost.

Nejčastěji používaná zapojení k zúžení přijímaného pásma jsou v tab. 6. Dobře se osvědčuje zapojení c) u něhož zúžení rozsahu zajistí sériový kondenzátor C_s a parazitní kapacity respektuje paralelní C_p . Protože však výpočet zapojení dává víceznačné řešení – podle dalších výchozích podmínek – bude jeho návrh popsán při výpočtu vstupního obvodu superhetu.

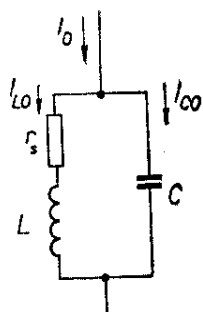
Ladění obvod se ztrátami

Jak jsme si již vysvětlili, ztratí se na indukčnostech i kapacitách část procházejícího výkonu. Výsledný činitel jakosti celého obvodu

$$Q = \frac{I_{L0}}{I_0} = \frac{I_{C0}}{I_0} = \frac{Q_L Q_C}{Q_L + Q_C} \quad (33)$$

bývá v praxi roven $Q \approx Q_L$, protože ztráty v dobře voleném kondenzátoru jsou zanedbatelně malé proti ztrátám cívky a $Q_C \gg Q_L$.

Takový laděný obvod (obr. 9) má však rezonanční kmitočet f_{01} (s nulovým fázovým posuvem napětí)



Obr. 9. Paralelní laděný obvod se sériovým ztrátovým odporem

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{r_s^2}{L^2}} \quad (34)$$

poněkud odlišný od kmitočtu při maximální velikosti impedance

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{\sqrt{1 + 2 \frac{r_s^2 C}{L^2}} - \frac{r_s^2 C}{L}} \quad (35)$$

V praxi však bývá rozdíl nepatrný. Za kmitočet maximální rezonanční impedance lze proto považovat f_{01} . Dosazením z Thompsonova vzorce

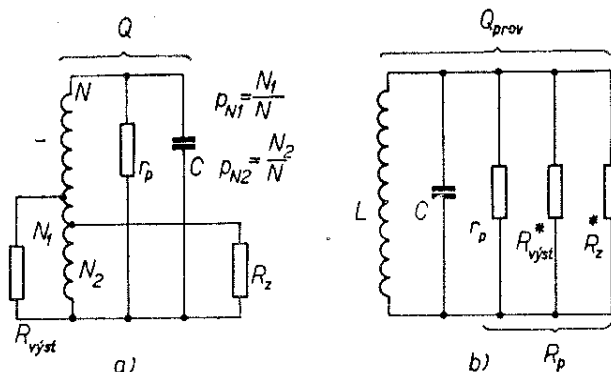
$$f_{01} = \frac{f_0}{\sqrt{1 + 1/Q^2}} \quad (36)$$

zjistíme, že kmitočet f_{01} je poněkud nižší, než u téhož obvodu bez ztrát.

V rezonanci se obvod jeví jako činný odpor (přibližně)

$$R_0 = \frac{L}{Cr_s} \quad (37)$$

Ve skutečném provozu je v selektivním (laděném) zesilovači k obvodu připojen generátor signálu (elektronka, tranzistor) a zátěž (vstupní impedance následujícího stupně nebo detekční obvod). Podle svých parametrů bývají tyto obvody připojeny na odbočky cívky se závitovým převodem p_{N1} , p_{N2} (obr. 10a). Pro snazší výpočet předpokládejme, že činitel vzájemné vazby obou odboček je dokonalý, tedy $\kappa_1 = \kappa_2 = 1$. Pak lze



Obr. 10. Paralelní laděný obvod s paralelním ztrátovým odporem a vnějšími obvody

schéma (obr. 10a) překreslit podle obr. 10b, kde

$$R^*_{\text{výst}} = \frac{R_{\text{výst}}}{p^2_{N1}}; \quad R^*_z = \frac{R_z}{p^2_{N2}} \quad (38)$$

a r_p představuje ztrátový odpor vlastního obvodu. Výsledná absolutní impedance samotného obvodu

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{r_p^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} \quad (39)$$

a pro $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$ je $R_0 = r_p$. Činitel jakosti obvodu ve shodě se vzt. (10) a (13) je

$$Q = \frac{r_p}{\omega_0 L} = \omega_0 C r_p = r_p \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (40).$$

V zapojení podle obr. 10b je výsledný tlumicí odpor R_p (paralelní spojení odporů r_p , $R^*_{\text{výst}}$ a R^*_z)

$$R_p = \frac{r_p R^*_{\text{výst}} R^*_z}{r_p R^*_{\text{výst}} + r_p R^*_z + R^*_{\text{výst}} R^*_z} \quad (41)$$

a činitel jakosti se zmenší na provozní velikost

$$Q_{\text{prov}} = \frac{R_p}{\omega_0 L} = \omega_0 C R_p = Q \frac{R_p}{r_p} \quad (42)$$

a rezonanční odpor je pouze $R_p < r_p$. Dosadíme-li do vzt. (39) místo ω popř. f poměrné rozladění

$$d = \left| \frac{f - f_0}{f_0} \right| \quad (43)$$

získáme tzv. normovaný výraz pro absolutní hodnotu impedance celého obvodu

$$Z = \frac{R_p}{\sqrt{1 + Q^2_{\text{prov}} d^2 \left(\frac{2+d}{1+d}\right)^2}} \quad (44)$$

který lze zjednodušit pro těsné okolí rezonance na

$$Z \approx \frac{R_p}{\sqrt{1 + 4Q^2 d^2}}; \quad |d| < 0,05 \quad (45)$$

a pro kmitočty mimo rezonanci na

$$Z \approx \frac{R_p}{Q d \frac{2+d}{1+d}}; \quad |d| > 0,5 \quad (46).$$

Praktické použití těchto vzorců si ukážeme na následujícím příkladu. Mějme navrhnout zesilovač podle obr. 11a tak, aby při kmitočtu $f_0 = 14$ MHz ($\omega_0 = 88 \cdot 10^6$ rad/s) měl zesílení $A_0 = u_2/u_1 > 100$ a aby se toto zesílení při $f_1 = 14,1$ MHz zmenšilo nejméně o 3 dB, tj. $A_1 < 0,7 A_0 = 70$.

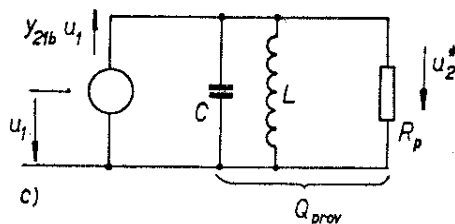
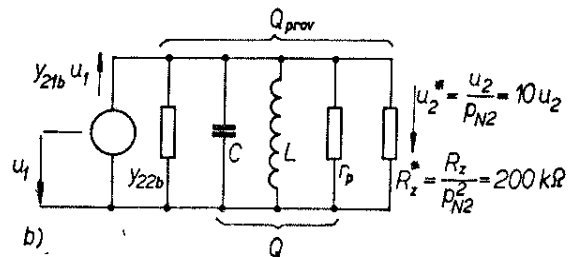
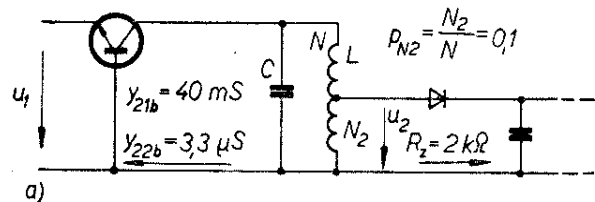
Po překreslení obvodu do náhradních schémat na obr. 11b,c platí pro zesílení

$$A_0^* = \frac{A_0}{p_{N2}} = y_{21b} R_p$$

odkud

$$R_p = \frac{A_0}{p_{N2} y_{21b}} = \frac{100}{10 \cdot 40 \text{ mA/V}} = 25 \text{ k}\Omega.$$

Při rozladění na 14,1 MHz, tedy podle (43) o



Obr. 11. Schéma předzesilovače s detekčním obvodem a jeho náhradní schéma

$$d = \frac{14,1 - 14}{14} = 7,15 \cdot 10^{-3}$$

musí se impedance celého obvodu zmenšit na

$$Z = \frac{A_1}{P_{N2} Y_{21b}} = \frac{70}{10 \cdot 40 \text{ mA/V}} = 17,5 \text{ k}\Omega.$$

Dosazením R_p , d , Z do (44) vypočteme potřebný provozní činitel jakosti

$$Q_{\text{prov}} = \frac{1}{2d} \sqrt{\left(\frac{R_p}{Z}\right)^2 - 1} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 7,15 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\left(\frac{25 \cdot 10^3}{17,5 \cdot 10^3}\right)^2 - 1} =$$

$$\doteq 71.$$

Z upraveného vzt. (41) vypočteme ztrátový odpor samotného obvodu $r_p = 35 \text{ k}\Omega$ a k němu z (42) příslušný činitel jakosti

$$Q = Q_{\text{prov}} \frac{r_p}{R_p} = 71 \cdot \frac{35 \text{ k}\Omega}{25 \text{ k}\Omega} \doteq 100.$$

Přitom podle (40) bude mít obvod kapacitu

$$C = \frac{Q}{\omega_0 r_p} =$$

$$= \frac{100}{88 \cdot 10^6 \text{ rad/s} \cdot 35 \cdot 10^3 \Omega} = 32,5 \text{ pF},$$

indukčnost

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} =$$

$$= \frac{1}{7750 \cdot 10^{12} (\text{rad/s})^2 \cdot 32,5 \cdot 10^{-12}} =$$

$$= 3,96 \mu\text{H}.$$

Za těchto podmínek bude původní požadavek splněn.

Zcela obdobné vztahy platí pro sériový laděný obvod na obr. 12. Absolutní hodnota obecné impedance

$$Z = \sqrt{r_s^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (47)$$

bude při $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ reálná, $R_0 = r_s$. Činitel jakosti je v praxi opět dán ztrátami v cívce, takže

$$Q = \frac{U_{L0}}{U_0} = \frac{U_{C0}}{U_0} = \frac{\omega_0 L}{r_s} =$$

$$= \frac{1}{\omega_0 C r_s} = \frac{1}{r_s} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (48).$$

Po sloučení posledních dvou vzorců a dosazení za poměrné rozladění je absolutní hodnota impedance

$$Z = r_s \sqrt{1 + Q^2 d^2 \left(\frac{2+d}{1+d}\right)^2} \quad (49)$$

popř. po zjednodušení pro těsné okolí rezonance ($|d| < 0,05$)

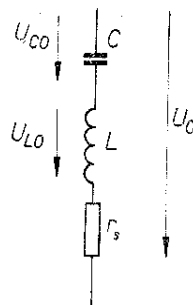
$$Z \approx r_s \sqrt{1 + 4Q^2 d^2} \quad (50)$$

nebo naopak pro velké rozladění ($|d| > 0,5$)

$$Z = r_s Q d \frac{2+d}{1+d} \quad (51).$$

Výpočet souběhu superhetu

Při obecném výkladu o různých typech přijímačů (tab. 5) jsme předpokládali, že vstupní obvod a obvod oscilátoru jsou neustále „rozladěny“ o mezi-frekvenční kmitočet. Víme však, že to je požadavek jen nesnadno splnitelný. Úplné shody by totiž mohlo být dosaženo jen tehdy, kdyby oba díly ladícího kondenzátoru C_{vst} a C_{osc} měly odlišný, speciálně vypočtený průběh. Takové kondenzátory se skutečně vyrábějí



Obr. 12. Sériový rezonanční obvod LC

bějí, postačí podívat se na schéma přijímače TESLA T60 (popř. Doris). Nevýhodou však je, že takový kondenzátor lze použít jen pro jeden kmitočtový rozsah a jemu odpovídající cívky.

Širší použití mají běžné dvojité ladící kondenzátory, jejichž obě sekce mají stejnou kapacitu.

Kdybychom však použili takový kondenzátor samotný (obr. a v tab. 7), shodoval by se kmitočet vstupního obvodu s kmitočtem odpovídajícím kmitočtu oscilátoru pouze v jednom bodě, při kmitočtu $f_{osc s}$. Při použití pomocných kondenzátorů podle obr. b lze shodu dosáhnout ve dvou bodech. Toto uspořádání se používá pro příjem užších kmitočtových pásem s poměrem $(f_{vst max}/f_{vst min}) < 1,5$, jak je tomu např. na VKV.

Pro ostatní pásma se používá zapojení podle obr. c v tab. 7, jež zabezpečí souběh ve třech bodech, při třech kmitočtech. V literatuře bylo uveřejněno mnoho postupů, jak stanovit potřebné hodnoty součástek, zvláště pomocných kondenzátorů.

Autorovi se dobře osvědčil postup, publikovaný v Sieber, Drábek: Navrhování obvodů tranzistorových přijímačů. Aby byl výpočet srozumitelnější, budou vzorce uváděny i s dosazením konkrétních hodnot pro středovlnné pásmo superhetu ze závěrečné, konstrukční části tohoto RK.

Při výpočtu vycházíme z požadovaného kmitočtového pásma

$$f_{vst min} = 0,52 \text{ MHz},$$

$$f_{vst max} = 1,62 \text{ MHz},$$

$$\omega_{vst min} = 3,26 \cdot 10^6 \text{ rad/s},$$

$$\omega_{vst max} = 10,15 \cdot 10^6 \text{ rad/s};$$

zvoleného mezifrekvenčního kmitočtu $f_{mf} = 0,47 \text{ MHz}$ a kapacit obou sekcí použitého ladícího kondenzátoru

$$C_{vst min} = C_{osc min} = 25 \text{ pF},$$

$$C_{vst max} = C_{osc max} = 450 \text{ pF}.$$

Při výpočtu použijeme pak následující postup:

$$p = \frac{f_{vst max}}{f_{vst min}} = \frac{1,62 \text{ MHz}}{0,52 \text{ MHz}} = 3,12$$

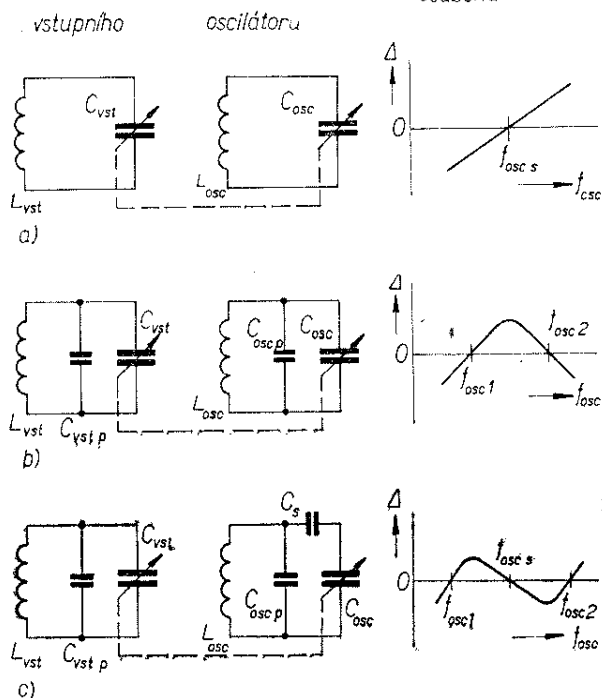
$$p^2 = 9,7 \quad (52)$$

$$C_{vst p} = \frac{C_{osc max} - p^2 C_{vst min}}{p^2 - 1} =$$

Tab. 7.

Zapojení laděného obvodu

Kmitočtová závislost souběhu



Poznámka: Δ značí odchylku od souběhu;
v praxi obvykle $C_{vst} = C_{osc}$

$$= \frac{450 \text{ pF} - 9,7 \cdot 25 \text{ pF}}{9,7 - 1} \doteq 23,8 \text{ pF} \quad (53)$$

$$L_{vst} = \frac{1}{\omega_{vst max}^2 (C_{vst p} + C_{vst min})} =$$

$$= \frac{1}{\omega_{vst min}^2 (C_{vst p} + C_{vst max})} =$$

$$= \frac{1}{103,2 \cdot 10^{12} (23,8 + 25) \cdot 10^{-12}} =$$

$$= \frac{1}{10,65 \cdot 10^{12} (23,8 + 450) \cdot 10^{-12}} \doteq$$

$$\doteq 198,5 \mu\text{H} \quad (54).$$

Souběh vstupního a oscilačního obvodu stanovíme z empirických vzorců pro vstupní obvod

$$f_{vst s} = \frac{f_{vst max} + f_{vst min}}{2} =$$

$$= \frac{1,62 + 0,52}{2} = 1,07 \text{ MHz};$$

$$\omega_{vst s} = 6,72 \cdot 10^6;$$

$$f_{vst 1} = f_{vst s} - \frac{f_{vst \max} - f_{vst \min}}{4} \sqrt{3} =$$

$$= 1,07 - \frac{1,62 - 0,52}{4} \sqrt{3} =$$

$$= 1,07 - 0,476 = 0,594 \text{ MHz};$$

$$\omega_{vst 1} = 3,725 \cdot 10^6;$$

$$f_{vst 2} = f_{vst s} + \frac{f_{vst \max} - f_{vst \min}}{4} \sqrt{3} =$$

$$= 1,07 + 0,476 = 1,546 \text{ MHz};$$

$$\omega_{vst 2} = 9,7 \cdot 10^6 \quad (55).$$

Tomu pak odpovídají kmitočty oscilátoru

$$f_{osc s} = f_{vst s} + f_{mf} = 1,07 + 0,47 =$$

$$= 1,54 \text{ MHz}; \quad \omega_{osc s} = 9,67 \cdot 10^6,$$

$$f_{osc 1} = f_{vst 1} + f_{mf} = 0,594 + 0,47 =$$

$$= 1,064 \text{ MHz}; \quad \omega_{osc 1} = 6,69 \cdot 10^6,$$

$$f_{osc 2} = f_{vst 2} + f_{mf} = 1,546 + 0,47 =$$

$$= 2,016 \text{ MHz}; \quad \omega_{osc 2} = 12,65 \cdot 10^6 \quad (56).$$

Potřebné celkové kapacity vstupního obvodu

$$C_{vst s} = \frac{1}{\omega_{vst s}^2 L_{vst}} =$$

$$= \frac{1}{45,1 \cdot 10^{12} \cdot 198,5 \cdot 10^{-6}} = 112 \text{ pF}$$

$$C_{vst 1} = \frac{1}{\omega_{vst 1}^2 L_{vst}} =$$

$$= \frac{1}{13,85 \cdot 10^{12} \cdot 198,5 \cdot 10^{-6}} = 363,5 \text{ pF}$$

$$C_{vst 2} = \frac{1}{\omega_{vst 2}^2 L_{vst}} =$$

$$= \frac{1}{94 \cdot 10^{12} \cdot 198,5 \cdot 10^{-6}} = 53,6 \text{ pF} \quad (57)$$

z toho kapacity vstupní sekce proměnného kondenzátoru

$$C'_{vst s} = C_{vst s} - C_{vst p} = 112 - 23,8 =$$

$$= 88,2 \text{ pF}$$

$$C'_{vst 1} = C_{vst 1} - C_{vst p} = 363,5 - 23,8$$

$$= 339,7 \text{ pF} \quad (58)$$

$$C'_{vst 2} = C_{vst 2} - C_{vst p} = 53,6 - 23,8 =$$

$$= 29,8 \text{ pF}$$

z pomocných výrazů

$$K'_2 = \frac{\omega_{osc 2}^2 (\omega_{osc s}^2 - \omega_{osc 1}^2)}{\omega_{osc 1}^2 (\omega_{osc 2}^2 - \omega_{osc s}^2)} =$$

$$= \frac{26,4 \cdot 10^{12} (5,58 \cdot 10^{12} - 1,29 \cdot 10^{12})}{1,29 \cdot 10^{12} (26,4 \cdot 10^{12} - 5,58 \cdot 10^{12})} =$$

$$= 2,585 \quad (59)$$

$$A = C'_{vst 1} - C'_{vst s} = 339,7 - 88,2 =$$

$$= 251,5 \text{ pF} \quad (60)$$

$$B = C'_{vst s} - C'_{vst 2} = 88,2 - 29,8 =$$

$$= 58,4 \text{ pF} \quad (61)$$

a konečně kapacita sériového kondenzátoru („paddingu“)

$$C_s = \frac{K'_2 C'_{vst 1} B - C'_{vst 2} A}{A - K'_2 B}$$

$$= \frac{2,585 \cdot 339,7 \cdot 58,4 - 29,8 \cdot 251,5}{251,5 - 2,585 \cdot 58,4} =$$

$$= 435 \text{ pF} \quad (62)$$

Kapacity vlastní oscilátorové sekce proměnného kondenzátoru

$$C'_{osc s} = \frac{C'_{vst s} C_s}{C'_{vst s} + C_s} =$$

$$= \frac{88,2 \cdot 435}{88,2 + 435} = 73,4 \text{ pF}$$

$$C'_{osc 1} = \frac{C'_{vst 1} C_s}{C'_{vst 1} + C_s} =$$

$$= \frac{339,7 \cdot 435}{339,7 + 435} = 190,5 \text{ pF} \quad (63)$$

$$C'_{osc 2} = \frac{C'_{vst 2} C_s}{C'_{vst 2} + C_s} =$$

$$= \frac{29,8 \cdot 435}{29,8 + 435} = 27,9 \text{ pF}$$

indukčnost oscilátorové cívky

$$\begin{aligned}
L_{osc} &= \frac{1}{C'_{osc 1} - C'_{osc 2}} \cdot \\
&\cdot \left(\frac{1}{\omega_{osc 1}^2} - \frac{1}{\omega_{osc s}^2} \right) = \frac{1}{C'_{osc s} - C'_{osc 2}} \cdot \\
&\cdot \left(\frac{1}{\omega_{osc s}^2} - \frac{1}{\omega_{osc 2}^2} \right) = \frac{1}{190,5 - 73,4} \cdot \\
&\cdot \left(\frac{1}{44,7 \cdot 10^{12}} - \frac{1}{93 \cdot 10^{12}} \right) = \\
&= \frac{1}{73,4 - 27,9} \left(\frac{1}{93 \cdot 10^{12}} - \frac{1}{160 \cdot 10^{12}} \right) = \\
&= 99 \mu H \quad (64).
\end{aligned}$$

Celkové kapacity oscilátorového obvodu

$$\begin{aligned}
C_{osc s} &= \frac{1}{\omega_{osc s}^2 L_{osc}} = \\
&= \frac{1}{93 \cdot 10^{12} \cdot 99 \cdot 10^{-6}} = 108,5 \text{ pF} \\
C_{osc 1} &= \frac{1}{\omega_{osc 1}^2 L_{osc}} = \\
&= \frac{1}{44,7 \cdot 10^{12} \cdot 99 \cdot 10^{-6}} = 226 \text{ pF} \\
C_{osc 2} &= \frac{1}{\omega_{osc 2}^2 L_{osc}} = \\
&= \frac{1}{159,5 \cdot 10^{12} \cdot 99 \cdot 10^{-6}} = 63,6 \text{ pF} \quad (65)
\end{aligned}$$

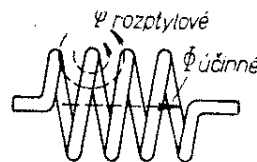
Ze všech těchto údajů by měl vyjít stejný paralelní kondenzátor

$$\begin{aligned}
C_{osc p} &= C_{osc s} - C'_{osc s} = C_{osc 1} - \\
&- C'_{osc 1} = C_{osc 2} - C'_{osc 2} = 35,5 \text{ pF} \quad (66).
\end{aligned}$$

Tím je výpočet všech důležitých údajů dokončen.

Pokud některý z údajů lze vypočítat dvojím nebo trojím způsobem (jsou to L_{vst} ze vzt. (54), L_{osc} ze vztahu (64) a $C_{osc p}$ ze vzt. (66), vypočteme a pro další výpočet použijeme jeho střední hodnotu. Tím zmenšíme vliv nepřesností, jichž se během výpočtu dopustíme.

Zvláštní opatrnosti vyžaduje vzt. (62) na vyšších kmitočtových pásmech. Obě



Obr. 13. Účinný a rozptylový magnetický tok závitem

čísla rozdílu ve jmenovateli se sobě blíží a malá chyba v jejich výpočtu způsobí hrubou chybu v celkové kapacitě C_s . Při výpočtu součástek pro pásmo 7 a 14 MHz přijímače v konstrukční části RK přesnost logaritmického pravítka nedostačovala a bylo nutno použít kalkulační stroj (v nouzi „ruční“ výpočet).

Konstrukce laděných obvodů

Po předchozích teoretických oddílech nyní zakončíme výklad několika praktickými pokyny ke konstrukci a použití laděných obvodů v následujících návodech. Vzhledem ke snadnému zhotovení byl v těchto návodech použit minimální počet typů součástek a navíc takových, jež jsou v radioamatérských prodejnách nejčastěji v prodeji.

Hlavním problémem jsou cívky, jejichž jakost závisí nejen na volbě jádra, ale i na provedení a způsobu zhotovení vinutí.

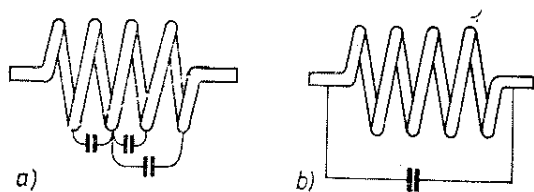
Indukčnost cívky L je úměrná čtverci počtu závitů N . Konstantou úměrnosti je tzv. měrná indukčnost A_L [$\mu H/1 z$], jež udává, jakou indukčnost v μH má jeden závit navinutý na jádro zvoleného typu

$$L = A_L N^2 \quad [\mu H; \mu H/z, z] \quad (67).$$

Kromě této indukčnosti má však cívka i některé nežádoucí vlastnosti.

Jak ukazuje obr. 13, uzavírá se část magnetického toku každého ze závitů mimo plochu sousedních závitů. Důsledkem je proto zmenšení indukčnosti oproti výsledku vypočtenému





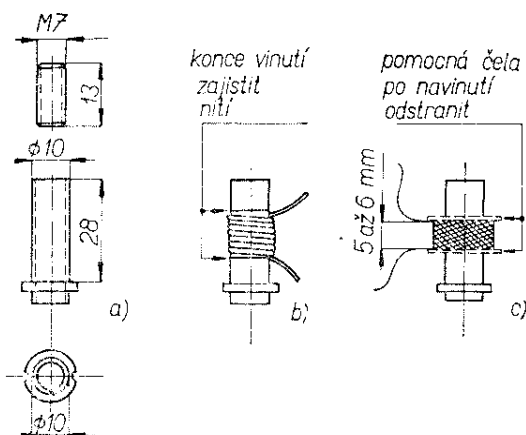
Obr. 14. Vnitřní kapacita cívky

ze vzt. (67). Vlivu rozptylu se bráníme vhodnou úpravou vinutí (obr. 14c), popř. použitím kruhového nebo hrníčkového jádra.

Jednotlivé závity s rozdílným napětím mají navíc vůči sobě kapacitu (obr. 15a). Tato kapacita (i u nezapojené cívky) je schopna vyvolat rezonanci (obr. 15b). Pro typy jader, jež budou dále uvedeny platí, že (velmi přibližně) 1 závit má vlastní kapacitu asi 0,1 pF. Znamená to, že středovlnná cívka z minulého oddílu s indukčností $L = 198,5 \mu\text{H}$ a 114 závity má vlastní kapacitu $114 \cdot 0,1 \text{ pF} = 11,4 \text{ pF}$. Sama o sobě i bez vnějšího kondenzátoru rezonuje na kmitočtu

$$f_0 = \sqrt{\frac{25\,330}{198,5 \mu\text{H} \cdot 11,4 \text{ pF}}} \doteq 3,5 \text{ MHz.}$$

Tato skutečnost se nepříznivě projeví ve složitějších přijímačích, v nichž jsou cívky několika rozsahů přepínány přepínačem. Pak některá z nezapojených cívek nižších kmitočtových pásem může v rezonanci ovlivnit sacím jevem činnost právě zapojeného laděného obvodu. V našem případě by se zmenšila citlivost na



Obr. 15. Cívka na válcovém jádru

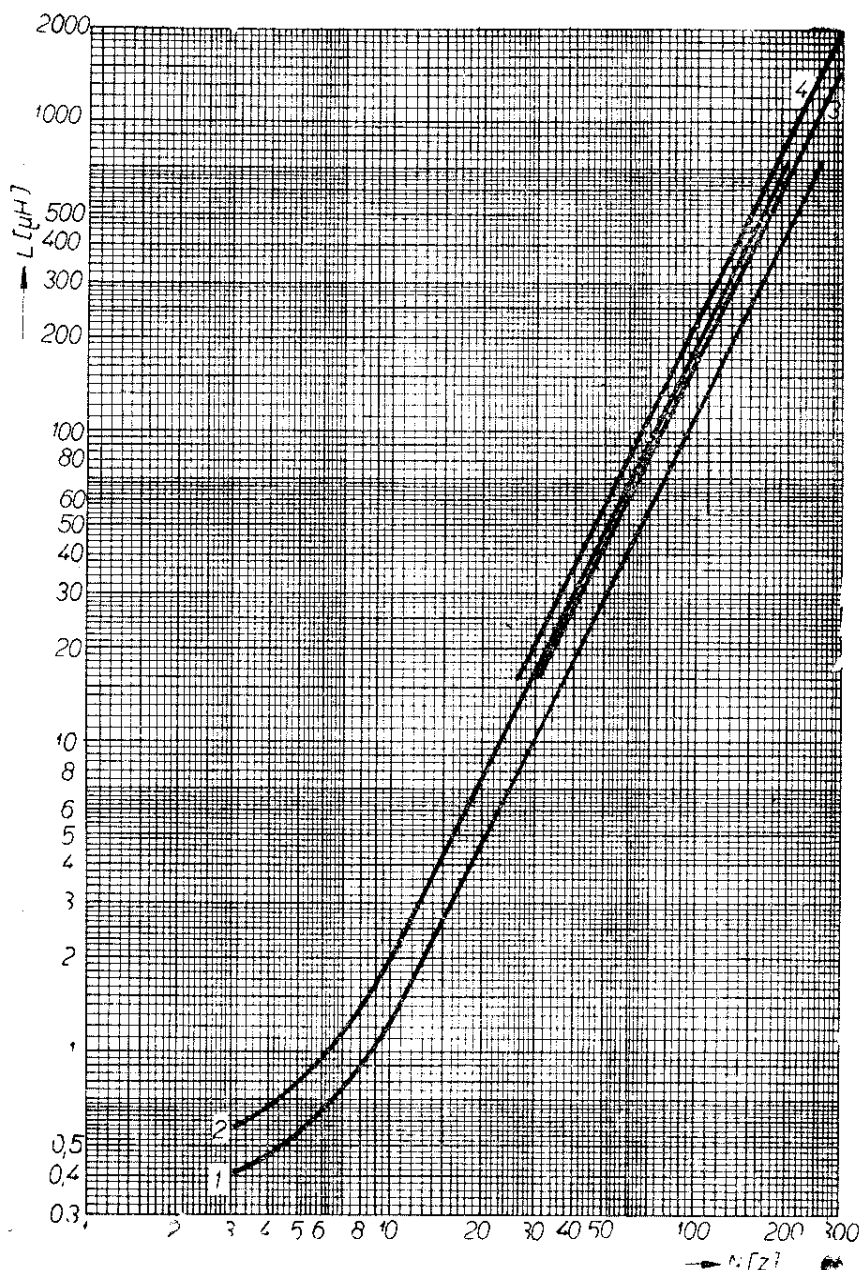
rozsahu 3,5 MHz a pokud by cívka byla v blízkosti oscilátoru, mohlo by dojít i k vysazení oscilací. Kromě toho omezuje tento jev poměr indukčnosti a kapacity pro zvolený rezonanční kmitočet, který je podle vzt. (26) teoreticky libovolný. Z našeho příkladu např. vysvítá, že popisovanou cívku nelze vnějším kondenzátorem doladit pro kmitočty nad 3,5 MHz; prakticky ji lze použít asi do 1 až 2 MHz.

Cívky vstupních obvodů asi do 1 až 2 mH vineme na válcovou kostřičku podle obr. 14. V prodeji se objevilo několik druhů těchto kostřiček, lišících se průřezem dolní části pod osazením. Pro náš účel to však není podstatné, neboť všechny lze pilníkem upravit na $\varnothing 10 \text{ mm}$. Jádra $M7 \times 13 \text{ mm}$ (v těchto kostřičkách) označená červenou tečkou jsou vhodná pro kmitočty do 2 MHz, žlutou tečkou nad 2 MHz. Počet závitů, potřebný pro zvolenou indukčnost lze vyčíst z obr. 16.

Cívky asi do $20 \mu\text{H}$ vineme lakovaným drátem závit vedle závitu (obr. 14b). Při větších indukčnostech (pro nižší kmitočtové rozsahy do několika MHz) použijeme vf lanko. Cívky vineme mezi dvě pomocná čela (podle obr. 14c) vystřižená z lepenky. Po navinutí prosytné cívku včelím voskem (v nouzi parafínem) rozehríváním opatrně pájkou. Po ztuhnutí papírová čela opatrně odtrhneme a pájkou opravíme vosk na obnažených čelech cívky.

Cívky větších indukčností a cívky mezi-frekvenčních transformátorů vineme na kostřičky, vkládané do hrníčkových jader.

Rozměry železového hrníčkového stříkaného jádra jsou na obr. 17a, b. Potřebný počet závitů k dosažení určité indukčnosti lze přečíst z obr. 16. Je zřejmé, že zašroubováním jádra M4 se indukčnost zvětší a to asi o 10 %; jádro ve střední poloze dovoluje tedy doladění indukčnosti v rozsahu $\pm 5 \%$. Jádro je určeno k provozu v teplotách -40 až $+55 \text{ }^\circ\text{C}$. Vinutí ukládáme do polystyrénové kostřičky (obr. 17c). Nejnáze jsou s mechanickým připevněním jádra. Celkovou sestavu lze lepit na pertinaxovou destičku lepidlem EPOXY, nebo stáhnout šrouby mezi dvě pertina-



Obr. 16. Závislost indukčnosti na počtu závitů

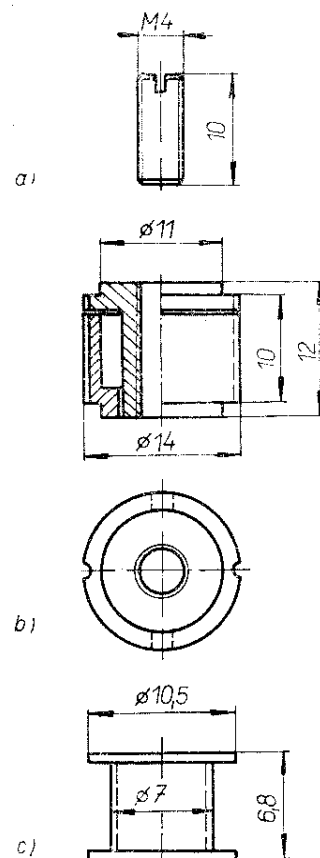
Křivka 1: válcová cívka bez jádra,
křivka 2: válcová cívka s jádrem uprostřed vinutí,
křivka 3: hrníčková cívka bez jádra,
křivka 4: hrníčková cívka s jádrem uprostřed vinutí

xové destičky, popř. i zasadit do otvoru v nosné desce podle popisu mezifrekvenční propustě v dalším textu.

Kondenzátory pro laděné obvody je třeba dobře volit. Hlavním požadavkem budou samozřejmě malé ztráty a tím i malá hodnota $\text{tg } \delta$.

Jako ladící kondenzátor byl jednotně použit duál $2 \times 450 \text{ pF}$ Tesla se vzdu-

chovým dielektrikem. Vzhledem k velké kapacitě to není typ vhodný pro krátkovlnné přijímače. Avšak v době přípravy tohoto rukopisu byly v prodeji pouze kondenzátory tohoto druhu a jeho vlastnostem bylo třeba koncepci přijímače přizpůsobit. Nevadí to v případě (a to je také náš), chceme-li mít v přijímači i rozsah středních a dlouhých vln. Omezuje však kmitočet krátkovlnných rozsahů asi do 20 MHz. Pro vyšší kmitočtová pásma se lépe hodí stavebnice kon-



Obr. 17. Hrníčkové železové jádro

denzátorů, který na náš trh uvádí prodejna ÚRK v Praze Braníku (Vlnitá 33).

Část kapacity paralelního souběžového kondenzátoru $C_{vst p}$ a $C_{osc p}$ tvoří nastavitelný hrníčkový trimr PN 70 301 s kapacitou 3 až 30 pF.

Jako pomocné pevné souběžové kondenzátory se hodí typy se styroflexovým nebo keramickým dielektrikem.

Polystyrénové válcové kondenzátory mají drátové vývody přivařeny k polepům a vyvedeny tak, že mají minimální indukčnost. Vývod vnějšího polepu je označen na tělisku kondenzátoru proužkem.

Pro naše účely postačí typ TC 281, vyráběný v hodnotách řady E6 a E12 v rozsahu kapacit 10 až 10 000 pF s jmenovitým napětím 100 V. Kondenzátory se vyrábějí s následujícími odchylkami:

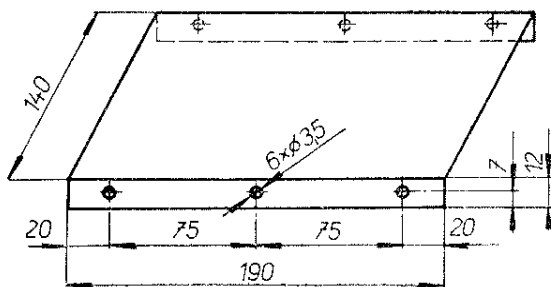
- $\pm 20\%$ – bez označení (všechny kapacity),
- $\pm 10\%$ – bílá tečka (všechny kapacity),
- $\pm 5\%$ – zelená tečka (od 100 pF),
- $\pm 2\%$ – červená tečka (od 1 000 pF).

Ztrátový činitel při 1 MHz (pro kondenzátory TC 281)

$\text{tg } \delta < 10 \cdot 10^{-4}$ pro kapacity 47 až 560 pF,

$\text{tg } \delta < 15 \cdot 10^{-4}$ pro všechny ostatní kapacity.

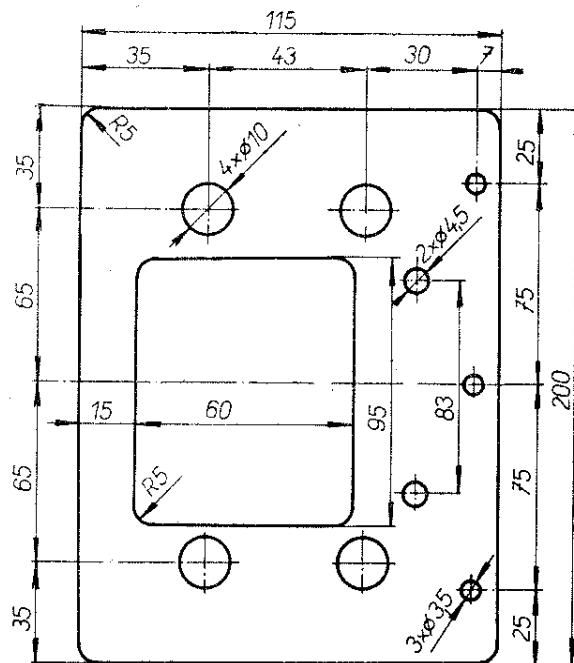
Ploché keramické kondenzátory se vyrábějí z různých druhů hmoty Stabilít. Mají „poduškovitý“ tvar, šedý povrch, rozměry 6×6 až 10×16 mm a kapacity řady E12 od 1 do 470 pF. Normální odchylka $\pm 20\%$ není označena. Lze však koupit i kondenzátory s tolerancí ± 10 nebo $\pm 5\%$. Pro naše účely postačí typy s nejmenším provozním napětím TK 720, TK 722, SK 79000 až 01, jejichž $\text{tg } \delta < 25 \cdot 10^{-4}$. Dbáme, abychom tyto



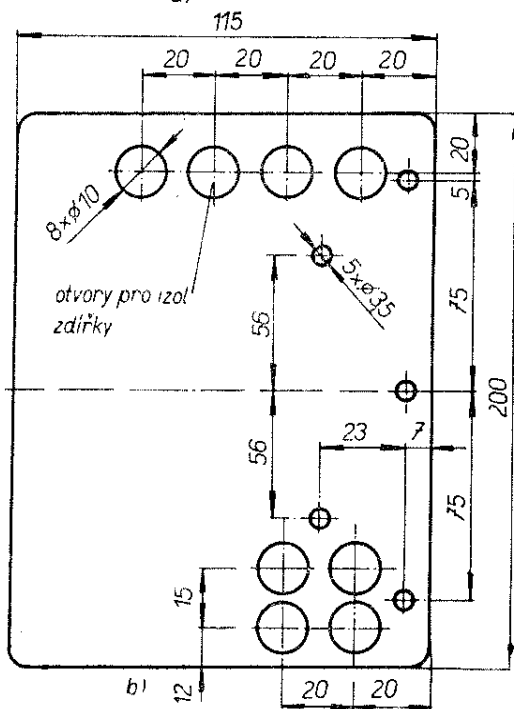
Obr. 18. Základní kostra

kondenzátory pro laděné obvody nezmění s podobnými keramickými kondenzátory z hmoty Permitt 6000, která má velké ztráty ($\text{tg } \delta < 350 \cdot 10^{-4}$). Tyto kondenzátory jsou tmavě rudé a hodí se jen jako vazební nebo blokovací.

Lze použít i starší typy tzv. trubičkových kondenzátorů, jež se dosud v prodeji vyskytují.



a)



b)

Obr. 19. Svislé panely: a) přední; b) zadní

$$20 \cdot \frac{1}{70} R_K$$

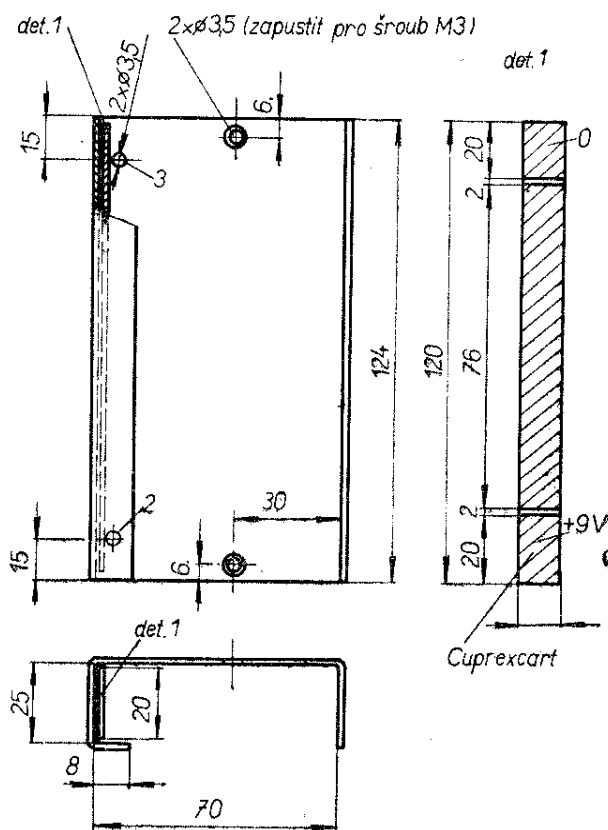
Přímosesilující přijímače

Ještě i dnes můžeme považovat přímozesilující přijímače za nepominutelný krok začátečníka na cestě ke zkušenostem a praxi. Dříve než přistoupíme k jednotlivým návodům, popíšeme si použitou mechanickou konstrukci.

Autorovi se osvědčila mechanická stavebnice, popsaná a použitá pro měřicí přístroje v RK 2/68.

Jak ukazují obr. 18 až 21, má stavebnice 4 díly: základní kostru, přední panel, zadní panel a držák baterií. Stavebnici si zhotovíme ve dvou velikostech, menší a větší, jež pak použijeme podle složitosti přijímače. Všechny díly jsou velmi jednoduché a lze je snadno zhotovit nebo opatřit.

Všimněme si nejprve dílů potřebných pro přijímače v tomto oddílu. Na obr. 18 je základní kostra. Zhotovíme ji z polotvrdého hliníkového plechu tloušťky 1 až 1,2 mm ohnutím přední a zadní hrany. Později budeme ke kostře připevňovat šroubky M3 \times 10 mm desky s ploš-



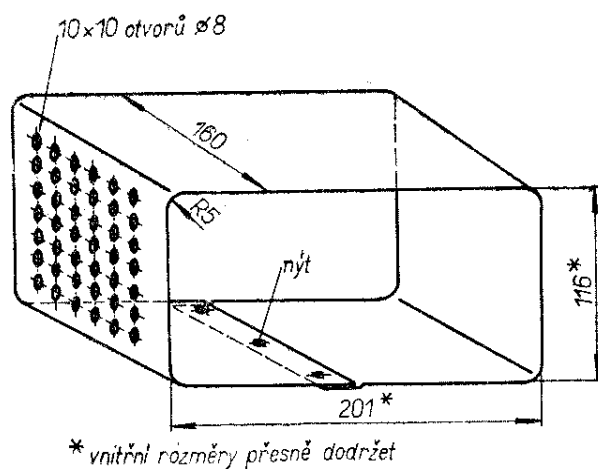
Obr. 20. Držák dvou plochých baterií

nými spoji a většinu ostatních součástek. Vzhledem k různým typům, jež budou mít čtenáři k dispozici a tolerancím domácí výroby, není nutné již předem vrtat kostru podle přesného předpisu. Výhodnější je vrtat díry podle potřeb právě zkoušeného zapojení a součástek, jež jsou k dispozici.

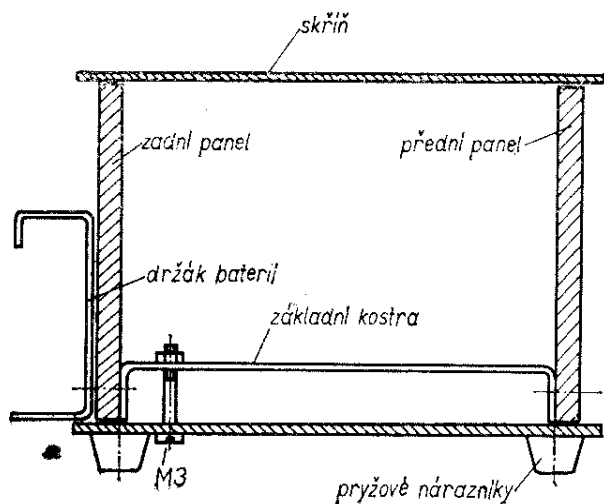
Přední a zadní panel jsou zhotoveny z rovných nezkroutených odřezků překližky tloušťky 4 až 5 mm. Panely (obr. 19) jsou připevněny ke kostře třemi šrouby M3 v otvorech při dolní hraně. Čtveřice izolovaných zdírek na zadním panelu slouží k připojení antény a uzemnění. Svislá řada zdírek na levé straně je určena k odpojení vnitřního reproduktoru a připojení reproduktoru vnějšího nebo sluchátek.

Vnější strany obou panelů jsou nastříkány modrým nitrolakem (odstín 4265). Nedaří-li se domácí stříkání vysavačem (tak jako autorovi), nezbyvá než skříňku natřít a tupovat štětcem. Přitom je vhodné otvory zespodu zalepit lepenkou, aby stékající kapky laku neznečistily vnitřní stranu panelů, kterou ponecháme v přírodním stavu. Po zaschnutí laku lepenku navlhčíme a snadno odtrhneme.

K zadnímu panelu je zevně připevněn držák dvou plochých baterií podle obr. 20. Je zhotoven ohnutím polotvrdého hliníkového plechu tloušťky 1 až 1,2 mm. Do horního ohybu je vložen cuprexcartový pásek (det. 1), o jehož fólii se opírají vývody baterií. Otvory 2, 3 při horní hraně držáku jsou vyvedeny vývody na-



Obr. 21. Skříň přijímače

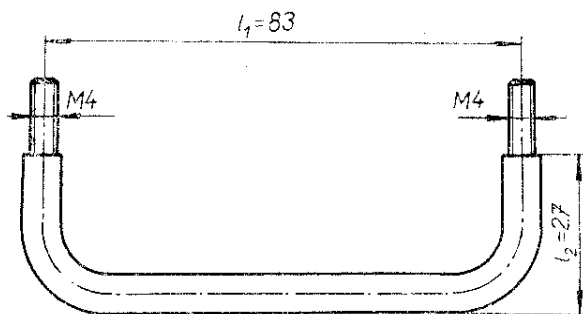


Obr. 22. Řez sestavenými základními díly

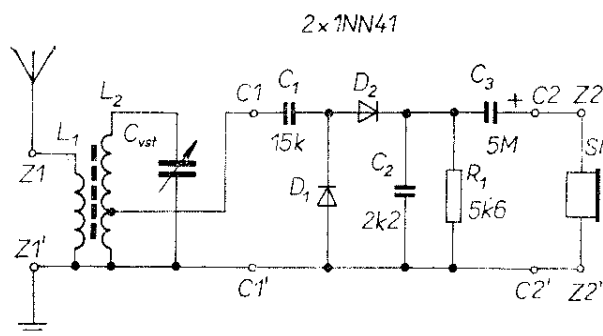
pájecího napětí. Tyto vývody současně slouží k přidržení pásku v patřičné poloze.

Na obr. 21 je skříň, zhotovená stočením jednoho kusu ocelového nebo hliníkového plechu tloušťky asi 1 mm. Uprostřed dolní strany jsou oba konce přeplátovány v délce asi 20 mm a spojeny třemi hliníkovými nebo dvoudílnými (brašnářskými) nýtky. Levá stěna (při pohledu zepředu) je děrována, neboť k ní bude později přiložen reproduktor. Vnější i vnitřek skříně je stříkán šedým tepaným lakem (odstín 9111) nebo nitrolakem (odstín 1100). Není-li v dosahu železářství nebo ochotný klempíř, zhotovíme skříň z překližky nebo sololitu lepeného Epoxy 1200. Pak ovšem budou mít oba panely ostré rohy. Vnitřní rozměry skříně musí být přesně dodrženy, aby do ní bylo možno zasunout šasi s oběma panely (obr. 22).

Proti vypadnutí lze šasi zajistit mnoha způsoby; nejjednodušší (svislým šroubkem M3) je na obr. 22.



Obr. 23. Rukojeť pro přední panel



Obr. 24. Schéma přijímače s detekčním obvodem

Na dolní stěně skříně jsou lepidlem Epoxy připevněny čtyři pryžové nárazníky.

Pro přenášení a posouvání přijímače po stole je přední panel opatřen ozdobnou rukojetí („uchem“) podle obr. 23 a obr. 64, jež občas bývá v prodeji v železářství. Pro připevnění dalších součástí (potenciometrů, přepínačů, cívek atd.) potřebujeme různé úhelníky. Ty si však popíšeme až při jednotlivých návodech.

V RK 2/68 je na str. 4 uveden i seznam firem a výrobců, kde je možné jednotlivé díly zakoupit nebo zhotovit.

Za hlavní výhodu této konstrukce autor považuje

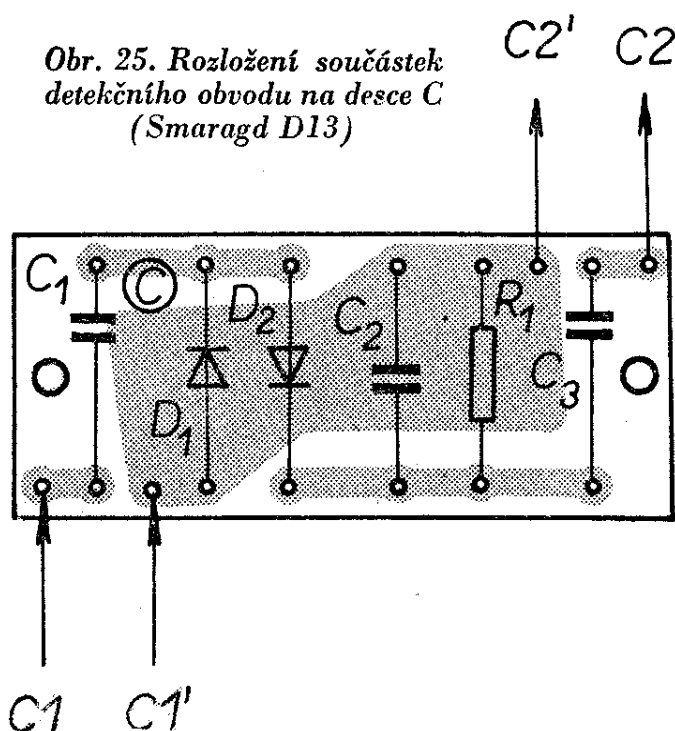
- a) minimální počet základních dílů,
b) slušný vzhled, i když uvnitř na základní kostře je přijímač v provizorní úpravě.

Různé druhy typů přijímačů budeme sestavovat ze základních obvodů na deskách s plošnými spoji a součástkami. Jak je zřejmé z obrázků, jsou obvody označovány velkými písmeny. Jejich vstupy, výstupy atd. jsou označeny tímto písmenem a následující číslicí. Přitom číslice 1, 1' patří vstupu; 2, 2' výstupu; 3, 4 napájení atd.

Přijímač s detekčním obvodem

Schéma přijímače s detekčním obvodem je na obr. 24. Vlastní ladicí obvod tvoří cívka L_2 a kondenzátor C_{vst} (polovina dvojitého kondenzátoru 2×450 pF). K odbočce cívky L_2 je připojen detekční obvod na desce s plošnými spoji typu C. Obě diody D_1 , D_2 pracují jako násobič napětí. Odpor R_1 uzavírá elektrický okruh pro stejnosměrný proud. Kondenzátor C_2 svede k zemi zbytky vf napětí.

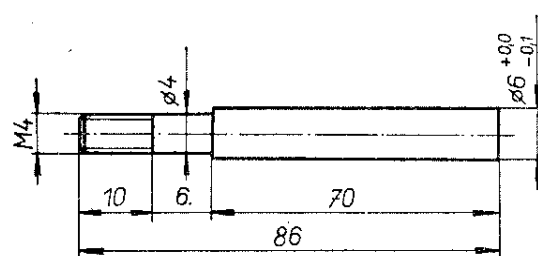
Obr. 25. Rozložení součástek detekčního obvodu na desce C (Smaragd D13)



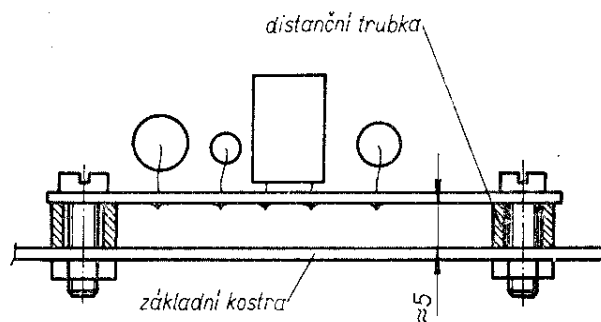
Nf signál prochází přes kondenzátor C_3 do sluchátek $S1$ s velkou impedancí.

Rozložení součástek i připojení vnějších přívodů na desce C je zřejmé z obr. 25. Skutečný vzhled desky C je na obr. 26. Deska – i všechny desky dále popsané – jsou k základní kostře připevněny šroubky $M3 \times 10$ mm. Deska je nad kostrou asi ve výšce 4 až 5 mm (obr. 27).

I když to pro tento pokusný přijímač není bezprostředně nutné, opatříme ladicí kondenzátor lankovým převodem. Na jeho hřídel nasadíme převodní bakelitový bubínek o $\varnothing 68$ mm. Hřídel pro knoflík ladění zhotovíme z ocelové kulatiny o $\varnothing 6$ mm podle obr. 28. Hřídel je veden otvory úhelníků (obr. 29, 30), jež vyrobíme



Obr. 28. Ladicí hřídel

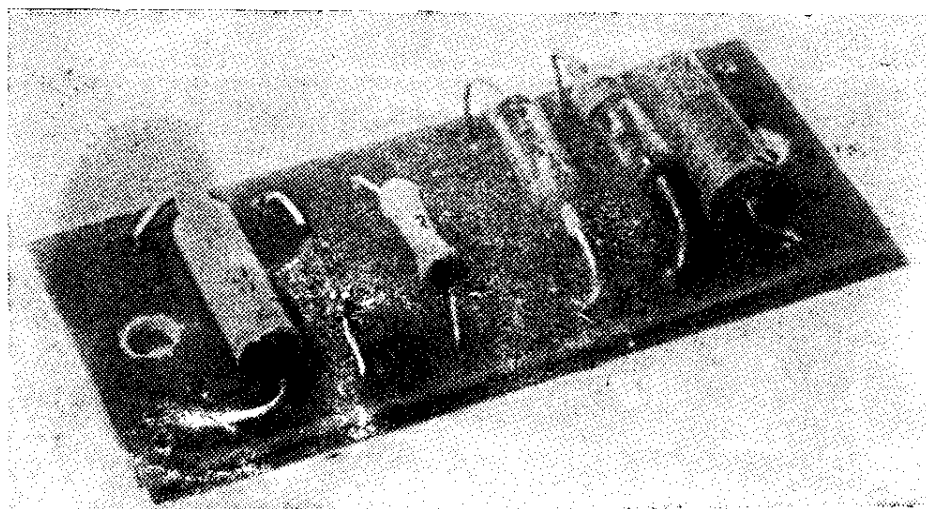


Obr. 27. Připevnění desky s plošnými spoji k základní kostře

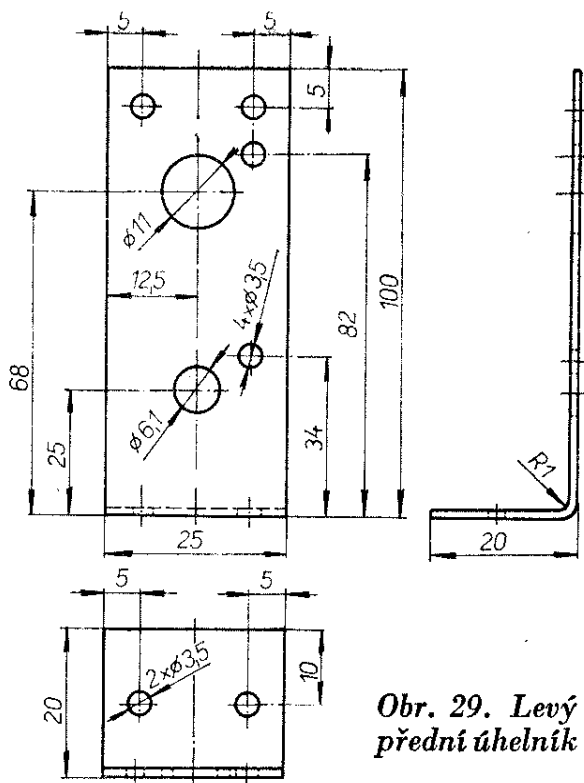
z hliníkového plechu tloušťky 1 až 2 mm. Aby otáčení hřídele bylo plynulé a hladké, opatříme ho plstěnými nebo koženými podložkami, jež občas navlhčíme kapkou oleje (obr. 33). Nemáme-li možnost opracovat konec hřídele se závitem, zakoupíme ladicí hřídel s třmenem v radioamatérských prodejnách. Pak ovšem odpadá levý střední úhelník a přední je nutno upravit.

Rozložení součástek na základní kostře je na obr. 31 a 32 (2. str. obálky).

Většina čtenářů bude mít zájem o pásmo středních vln. Jeho „horní“ okraj kolem 580 m (0,52 MHz) vyžaduje podle



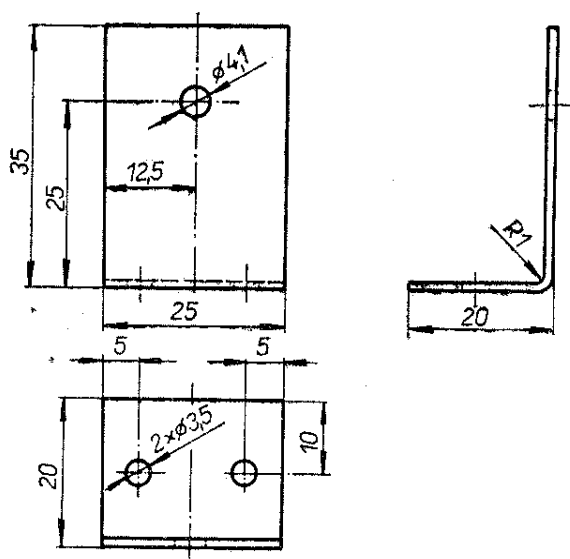
Obr. 26. Detekční obvod (deska C)



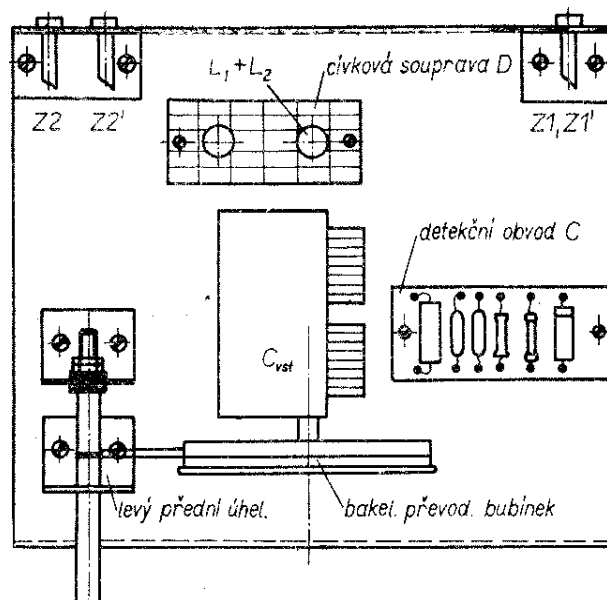
Obr. 29. Levý přední úhelník

diagramu v obr. 8 indukčnost $L_2 = 210 \mu\text{H}$. Z nomogramu na obr. 16 přečteme potřebný počet závitů $N_2 = 115$ závitů. Dříve uvedeným postupem odhadneme odbočku pro detekční obvod (11. závit) a počet závitů vinutí L_1 (20 závitů). Skutečné uspořádání cívky podle pokynů k obr. 15c je na obr. 34.

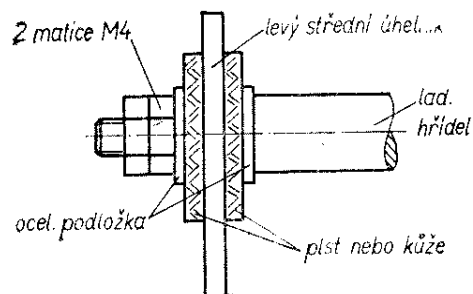
Cívku laděného obvodu zasadíme do pravého z otvorů desky D, kterou podle obr. 35 odřízneme z pokusné „čtverečko-



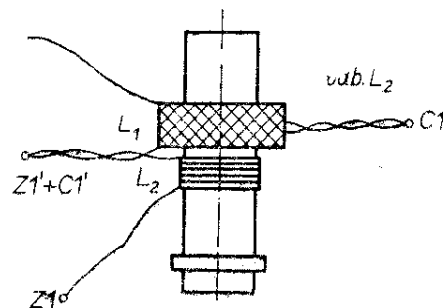
Obr. 30. Levý střední úhelník



Obr. 31. Rozložení součástek na základní kostře

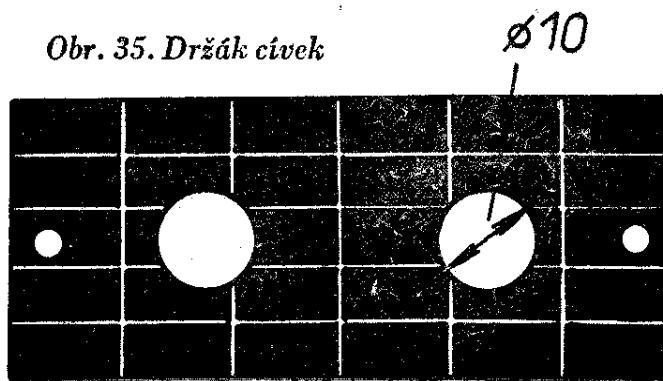


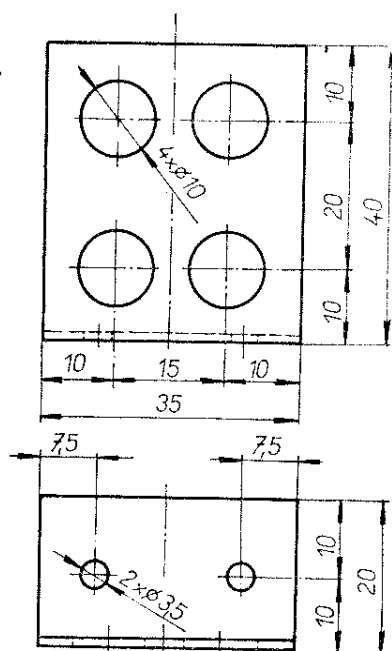
Obr. 33. Upevnění ladícího hřídele



Obr. 34. Středovlnná ladící cívka

Obr. 35. Držák cívek

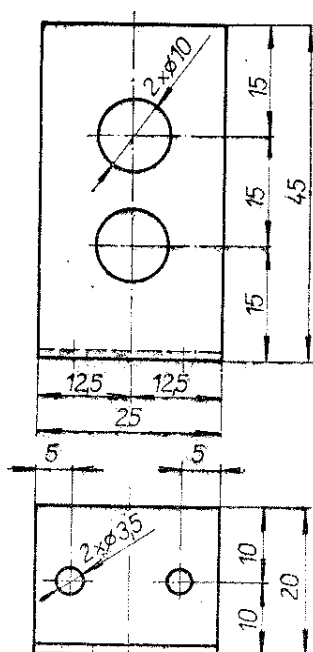




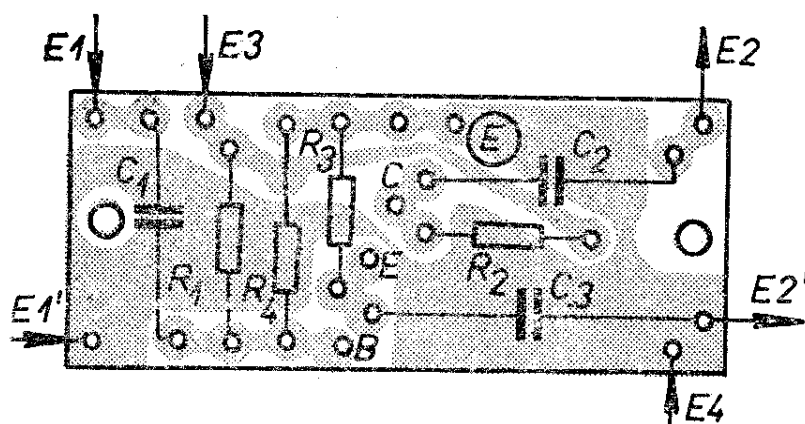
Obr. 36. Levý zadní úhelník pro nf výstup a napájení

vané“ desky Smaragd U3. Tato destička umožňuje připájení mnoha vývodů cívky a jejich zkušební připojování.

Vzhledem k pokusnému charakteru prvních návodů a pro lepší přístup k obvodům nejsou k základní kostře připevněny panely. Proto se používají k připo-



Obr. 37. Pravý zadní úhelník pro anténu a uzemnění



Obr. 38. Součástky na desce (Smaragd D14)

jení antény, uzemnění, sluchátek a později i baterie pomocné úhelníky s izolovanými zdírkami při zadním okraji kostry. Zhotovíme je podle obr. 36 a 37 a ke kostře připevníme dvěma šroubky $M3 \times 10$ mm.

K propojení obvodů a součástek použijeme měkký izolovaný zvonkový drát o $\varnothing 0,5$ mm. Přívody napájecího napětí a nf signálu vedeme pod kostrou. Propojení vf obvodů vyžaduje co nejkratší spoje.

V propojení snad nelze udělat chybu. Proto po zapojení a připojení antény a uzemnění se ze sluchátek ozve několik nejbližších stanic. Pak si již vyzkoušíme, že připojení

a) antény a detekčního obvodu k hornímu vývodu celého laděného obvodu L_2 znamená silný příjem nejbližší stanice, jež se rozprostře po celém rozsahu a zakryje stanice slabší,

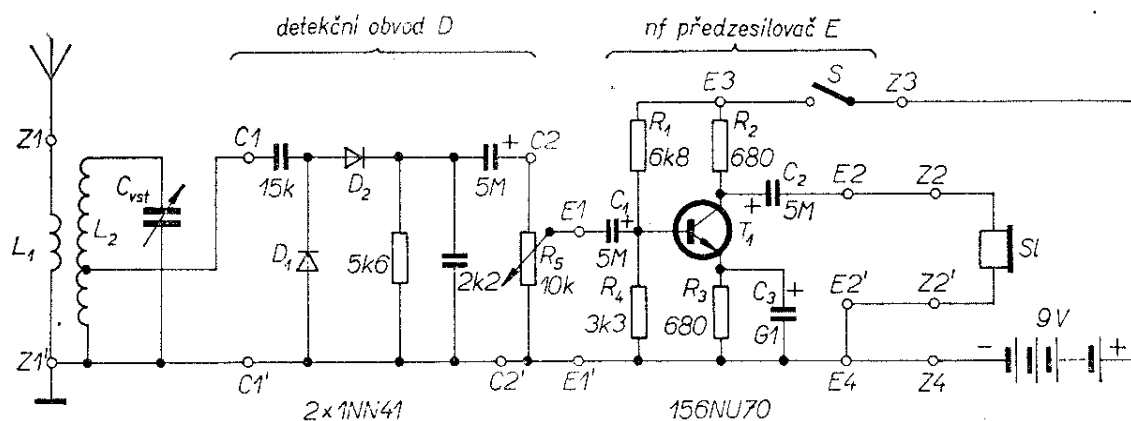
b) antény přes různé kondenzátory 10 až 100 pF k anténnímu vinutí L_1 a detekčnímu obvodu k odbočce L_2 znamená zeslabení příjmu, avšak dobré odladění stanic.

Přijímač s detekčním obvodem, nf a vf předzesilovačem

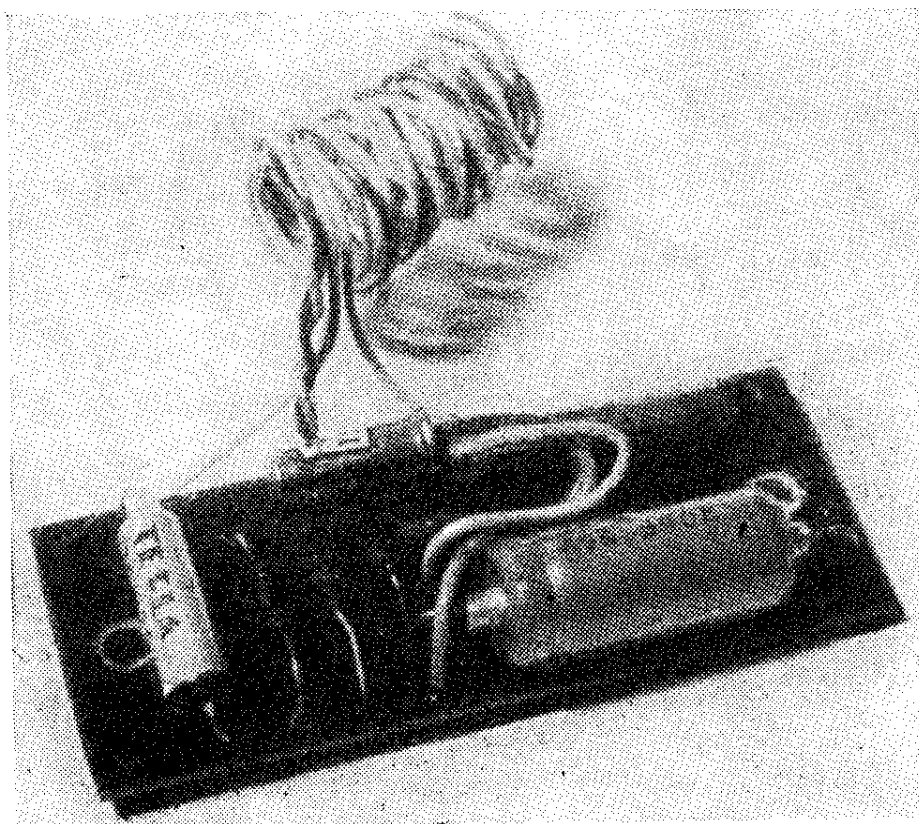
I ten největší nadšenec brzy pozná, že přijímač s detekčním obvodem je málo citlivý a selektivní. Zlepšíme nyní jeho vlastnosti tranzistorovým zesilovačem a vysvětlíme si, jaký rozdíl je mezi zesílením vf signálu a nf signálu po detekci.

Nejdříve však potřebujeme destičku Smaragd D13, do níž založíme podle obr. 38 součástky podle pravé části schématu

$$R_K \frac{1}{70} \cdot 25$$



Obr. 39. Schéma přijímače s detekčním obvodem a nf zesilovačem

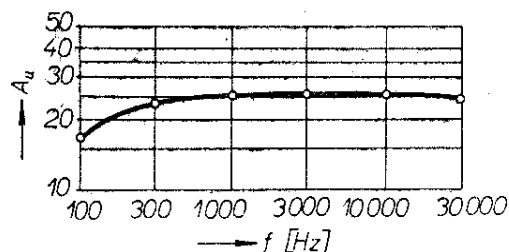


Obr. 40.
Nf předzesilovač

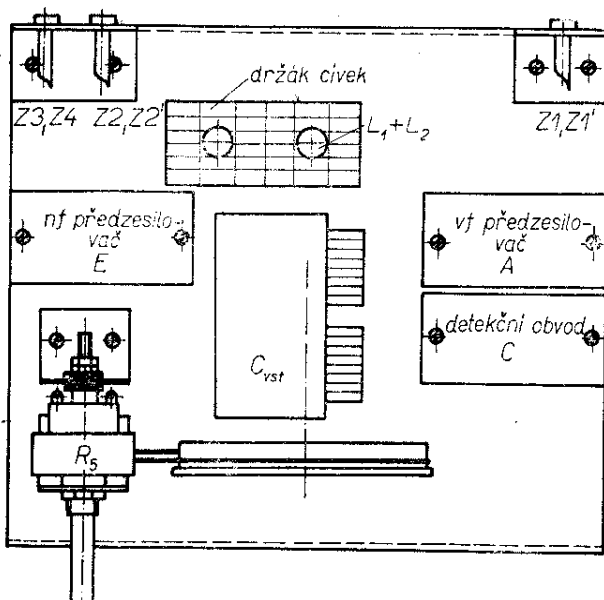
na obr. 39. Získáme tak nf předzesilovač (obr. 40) s velmi dobrým činitelem tepelné stabilizace pracovního bodu ($S = 4$) a napěťovým zesílením naprázdno $A_u \doteq 25$. Jeho kmitočtová charakteristika je na obr. 41.

Hotový nf předzesilovač připevníme dříve popsaným způsobem na základní kostru poblíž výstupních zdírek (obr. 42 a 43 – 2. str. obálky). Do horního otvoru levého předního úhelníku vložíme potenciometr se spínačem R_5 . Pak již můžeme propojit nové součásti s předchozími a ke

zdírkám Z3, Z4 připojit napájecí napětí. Předpokládejme opět, že jsme pracovali



Obr. 41. Kmitočtová charakteristika předzesilovače



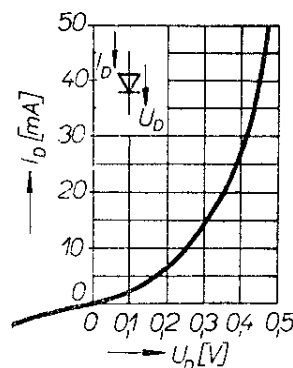
Obr. 42. Cívková souprava

pečlivě, a že se ihned po spojení spínače potenciometru *S* ozve některá ze stanic.

Zopakujeme-li pokusy s připojením antény a detekčního obvodu k laděnému obvodu, dostaneme stejné výsledky – i když v poněkud hlasitějším „provedení“: buď silný poslech stanice nejbližší nebo slabý poslech několika stanic. Přitom však při velmi volné vazbě nepomůže ani nf předzesilovač: slabší stanice zmizí vůbec.

K vysvětlení tohoto jevu použijeme středoškolskou matematiku a výsledek zopakujeme i slovně:

Průběh stejnosměrné charakteristiky polovodičové diody na obr. 44 lze vyjádřit vztahem



Obr. 44. Charakteristika polovodičové diody

$$I_D = k \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right) \quad (68)$$

kde I_D je proud diody,

U_D napětí diody a

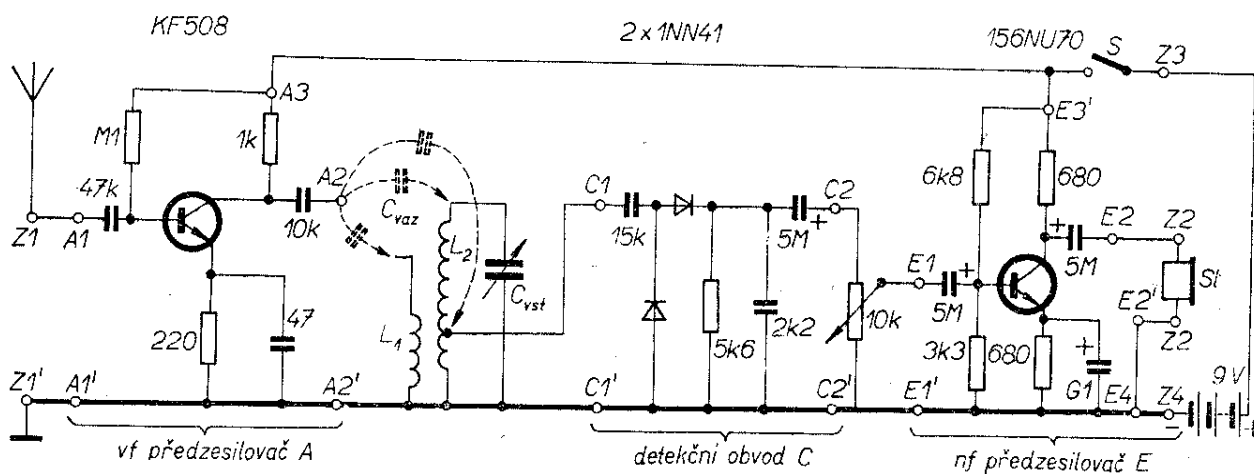
$U_T \doteq 25 \text{ mV}$, tzv. teplotní napětí.

Rozvineme-li mocninu v řadu, obdržíme

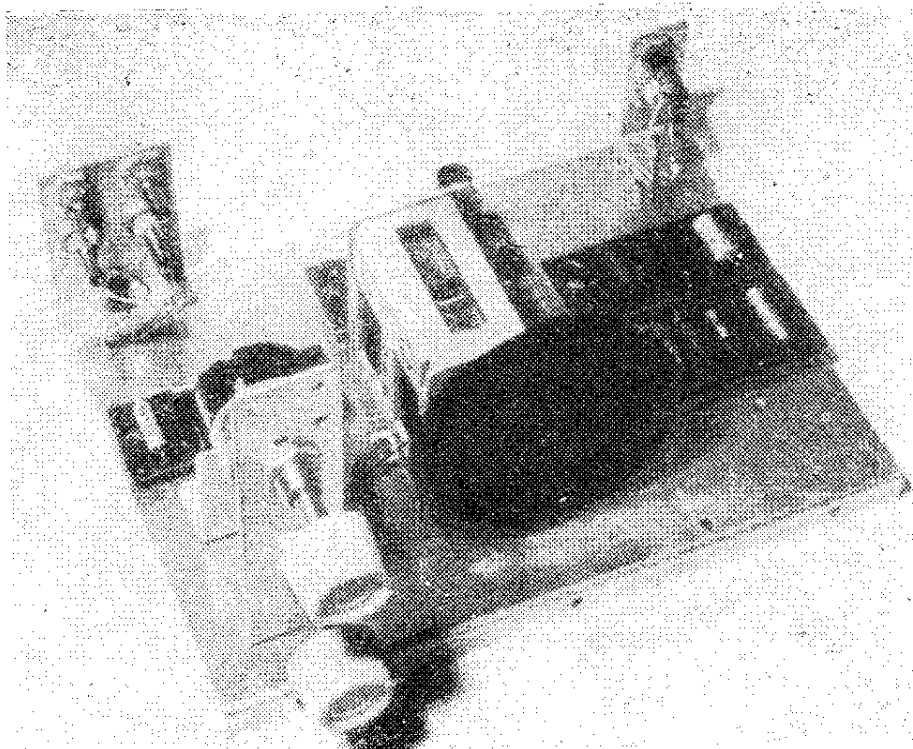
$$I_D = k \left[1 + \frac{U_D}{U_T} + \left(\frac{U_D}{U_T} \right)^2 \frac{1}{2!} + \left(\frac{U_D}{U_T} \right)^3 \frac{1}{3!} + \dots - 1 \right] \quad (69)$$

Jen nejbližší stanice může přivést na diody v našem přijímači napětí řádu desítek mV. Ostatní slabší stanice vyvolají napětí mnohem menší, takže také zlomek U_D/U_T je menší než 1. Pak ale lze vztah (69) zjednodušit, neboť všechny vyšší mocniny jsou pak zcela zanedbatelné a dojdeme k výrazu

$$I_D \approx k U_D \quad (70).$$



Obr. 45. Celkové schéma přijímače



Obr. 46. Vzhled přijímače

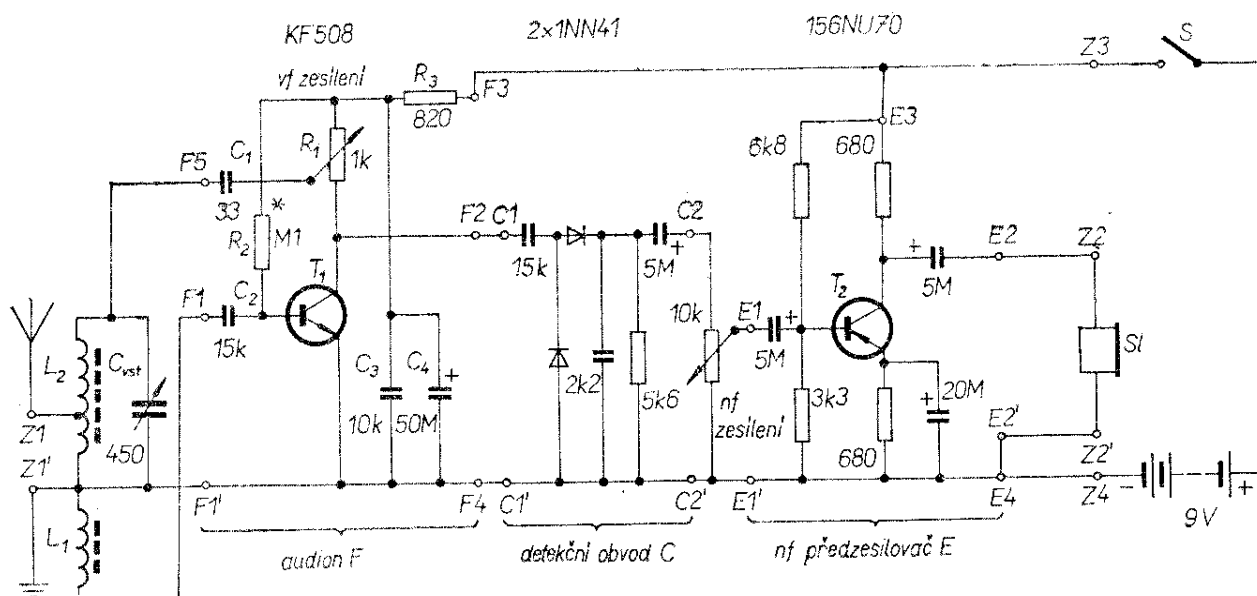
Znamená to, že dioda pro velmi malé signály má v okolí počátku přímkový (lineární) průběh, chová se jako obyčejný odpor a nedetekuje. Tak je vysvětlen i neúspěch při příjmu slabých stanic s nf předzesilovačem.

Některé prameny doporučují posunout klidový pracovní bod vnějším napětím z počátku souřadnic. Nejlepší řešení je však zařadit před detekční obvod vf předzesilovač. Tím se i původně slabé signály

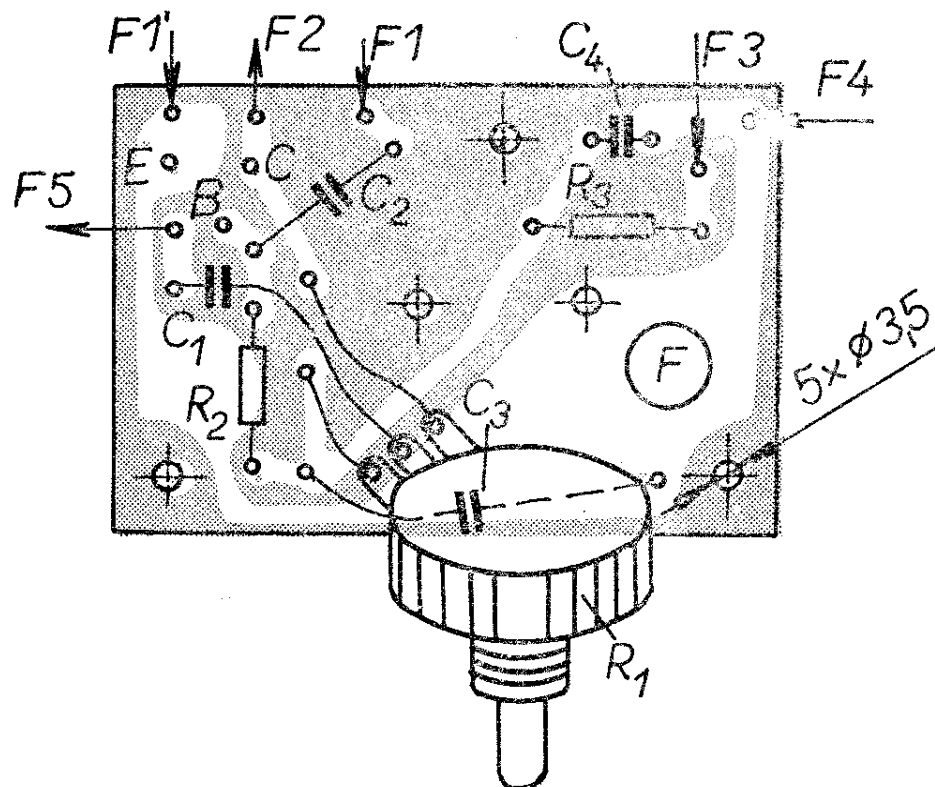
dostanou na diody v dostatečné velikosti. K pokusům se dobře hodí neladěný širokopásmový zesilovač.

Celkové schéma přijímače s detekčním obvodem, vf i nf předzesilovačem je na obr. 45. Rozložení součástek na kostře bylo na obr. 42 a celkový vzhled přijímače je na obr. 46. Desky propojíme stejně jako v předchozích případech.

O vlivu velikosti signálu na detekci a způsobu vazby na selektivitu laděného



Obr. 47. Audion s detekčním obvodem a nf předzesilovačem



Obr. 48. Rozložení součástek audionu F na destičce s plošnými spoji Smaragd D15 (měď – bílé plochy)

obvodu se přesvědčíme zkusmým buzením přes různé velké kondenzátory C_{vaz} do různých míst tak, jak je to čárkovane naznačeno v obr. 45.

Dvourozsahový přijímač s audionem

Vf předzesilovač podstatně zlepší citlivost přímozesilujícího přijímače. Přijímače tohoto typu se vyráběly před třiceti až čtyřiceti lety, avšak ani tehdy jejich citlivost nevyhovovala. Proto se objevila myšlenka, zvětšit zesílení vf předzesilovače nastavitelnou kladnou zpětnou vazbou. Vznikly „zpětnovazební“ přijímače, audiony.

Vakuová elektronika pracovala jako vf předzesilovač i detektor. U tranzistorů je tomu poněkud jinak. Tranzistor potřebuje k dostatečnému zesílení určitý, optimální proud kolektoru (2 až 5 mA). V okolí tohoto pracovního bodu jsou však stejnosměrné charakteristiky tranzistoru natolik lineární, že tranzistor není schopen detekce. Naopak bez předpětí báze sice detekuje, avšak jeho zesílení je tak malé, že ani nestačí k zavedení kladné zpětné vazby.

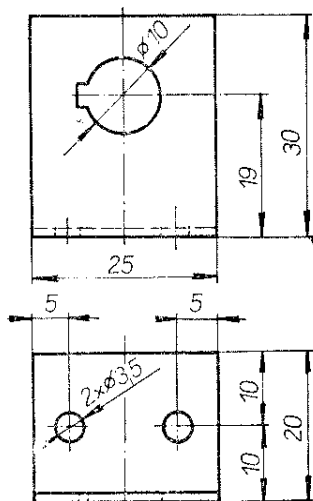
Proto je u tranzistorového audionu výhodnější oddělit od sebe obvod vf předzesilovače s kladnou zpětnou vazbou a ob-

vod detekční. I když pak tento předzesilovač nemá se signály slyšitelných kmitočtů nic společného, ponechme mu pro jednoduchost název audion (původně z lat. audio – sluch, slyšitelný).

Schéma nejjednoduššího přijímače s audionem pro poslech středovlnného pásma je na obr. 47. Křemíkový tranzistor v audionovém obvodu F (typ KF508) pracuje v zapojení se společným emitorem. Zesílený vf signál se odebírá z dolního konce potenciometru R_1 na vývod F2. Z běžce potenciometru (přes kondenzátor C_1) se zavádí do obvodu báze část zesíleného signálu. Protože tranzistor obrací fázi o 180° (aby zavedená vazba byla kladná), je třeba v laděném obvodu signál o dalších 180° znovu pootočit. Postačí, abychom v cívkové soupravě D zaměnili odbočku vinutí L_2 se začátkem vinutí L_1 .

Odpor R_3 spolu s kondenzátory C_3 a C_4 slouží k nf i vf oddělení audionu od následujících stupňů.

Audiový obvod F používá destičku s plošnými spoji Smaragd D15. Rozložení součástek je vidět na obr. 48. Pro lepší přehled je potenciometr R_1 kreslen zvlášť. Ve skutečnosti je zasazen do pomocného úhelníku na obr. 49, který je s deskou F spojen dvěma šrouby $M3 \times 5$ mm.



Obr. 49. Pomocný úhelník pro desku audio-
nu F

Celá sestavená destička je pak do pravého předního rohu základní kostry na obr. 50 (3. strana obálky) připevněna třemi šrouby $M3 \times 10$ mm s distančními trubičkami výšky 5 mm (dva otvory v předních rozích, třetí asi uprostřed zadní hrany).

Při uvádění do chodu vytočíme potenciometr nf zesílení asi do poloviny. Pak opatrně protáčíme potenciometrem vř zesílení a hledáme charakteristické klapnutí, důkaz, že kladná zpětná vazba funguje a právě rozkmitala vstupní obvod. Při ladění se nám ozvou jednotlivé stanice typickými hvizdy. V okolí kmitočtu stanice při přibližování zprava i zleva tón klesá až při přesném naladění klesne k nule. Pak stačí jemně zmenšit kladnou vazbu až vysadí a ze sluchátek se ozve pořad stanice.

Lze dokázat, že kladná zpětná vazba zavádí do laděného obvodu záporný (negativní) odpor. Tento negativní odpor se odečítá od kladného odporu, jenž vzniká nejen ztrátami v cívce, ale i vnějším zatížením. V okamžiku, kdy je záporný odpor stejně velký jako odpor kladný, je ztrátový odpor laděného obvodu nulový a činitel jakosti Q nekonečný. Postačí nepatrný podnět, aby vznikly kmity, obvod osciluje. Popsaný pochod dobře objasní obr. 51. Je tedy zřejmé, že kladnou zpětnou vazbou lze nejen zvětšit zesílení, ale i selektivitu. Teoreticky by bylo možné dosáhnout nekonečného zesílení, avšak šumy a vnější vlivy celý obvod rozkmitají

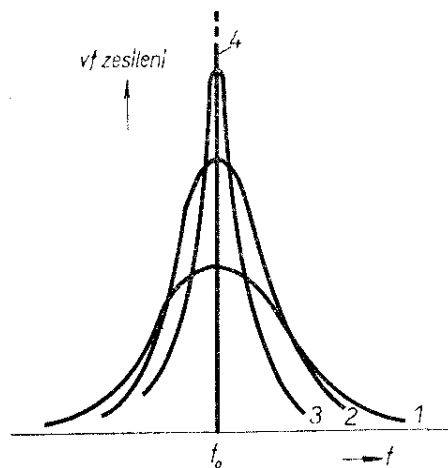
dříve, než se tomuto ideálnímu stavu přiblížíme.

Při příjmu rozhlasových (radiofonních) stanic je vazba pochopitelně nastavena pod bodem kmitání. Při příjmu modulované telegrafie však nutno vazbu „utáhnout“ těsně nad bod kmitání. Záznamy vlastních a přijímaných kmitů dávají v detekčním obvodu slyšitelný tón Morseových značek.

Kmitající vř zesilovač vlastně představuje malý vysílač, který může rušit okolní posluchače. Proto pracujeme s vazbou velmi opatrně, zvláště máme-li venkovní anténu.

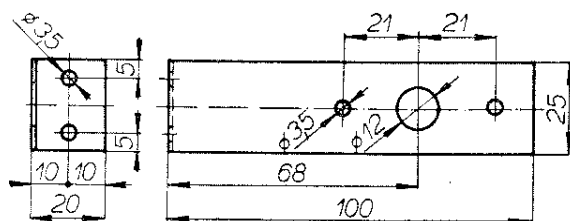
Vazba má nasazovat a vysazovat lehce, měkce a ve stejné poloze běžce potenciometru R_1 při obou směrech pohybu. Objeví-li se vrčení nebo slyšitelný tón stálé výšky apod., znamená to, že audion kmitá divoce a to i na jiném než vysokém kmitočtu. Pak nezbude, než zkusmo měnit kapacity kondenzátorů C_1 , C_2 na desce F, popř. překlenout potenciometr R_1 kondenzátorem řádu desítek pF.

Pokud přijímač spolehlivě pracuje, můžeme jádrem cívky $L_1 + L_2$ posunout přijímané pásmo do patřičné polohy. Máme-li dobré příjmové podmínky, pak by se těsně před úplným uzavřením ladicího kondenzátoru C_{vst} měla objevit stanice Budapest (556,6 m; 0,539 MHz, v okolí Prahy pouze ve večerních hodinách). Je snad zbytečné podotýkat, že vyšroubovává-



Obr. 51. Vliv kladné zpětné vazby na vř
zesílení a selektivitu

Křivka 1: bez vazby,
křivka 2: slabá kladná vazba,
křivka 3: silná kladná vazba,
křivka 4: zesilovač kmitá na kmitočtu f_0



Obr. 52. Pravý přední úhelník pro vlnový přepínač

ním jádérka se celý rozsah posunuje směrem ke kratším vlnám (vyšším kmitočtům) a naopak.

Ve středních částech republiky je dobře slyšitelný dlouhovlnný vysílač okruhu ČS I (1103 m; 272 kHz). Máme již dostatek zkušeností, abychom svůj audion vybavili druhým rozsahem pro příjem dlouhých vln. Má-li být dolní přijímaný kmitočet 150 kHz (2 000 m), musí mít podle obr. 8 pro $C_{vst} = 450$ pF ladící cívka indukčnost $L_4 = 2,5$ mH. Z nomogramu na obr. 18 odhadneme potřebný počet závitů $N_4 = 350$ s odbočkou asi u 40. závitů. Pomocné vinutí L_3 má asi 50 závitů. Cívku vineme stále ve stejném smyslu podle obr. 14c a 35. Navinutí tak velkého počtu závitů rukou je obtížné (L_3 má snahu „rozeběhnout“ se do stran) a není vylou-

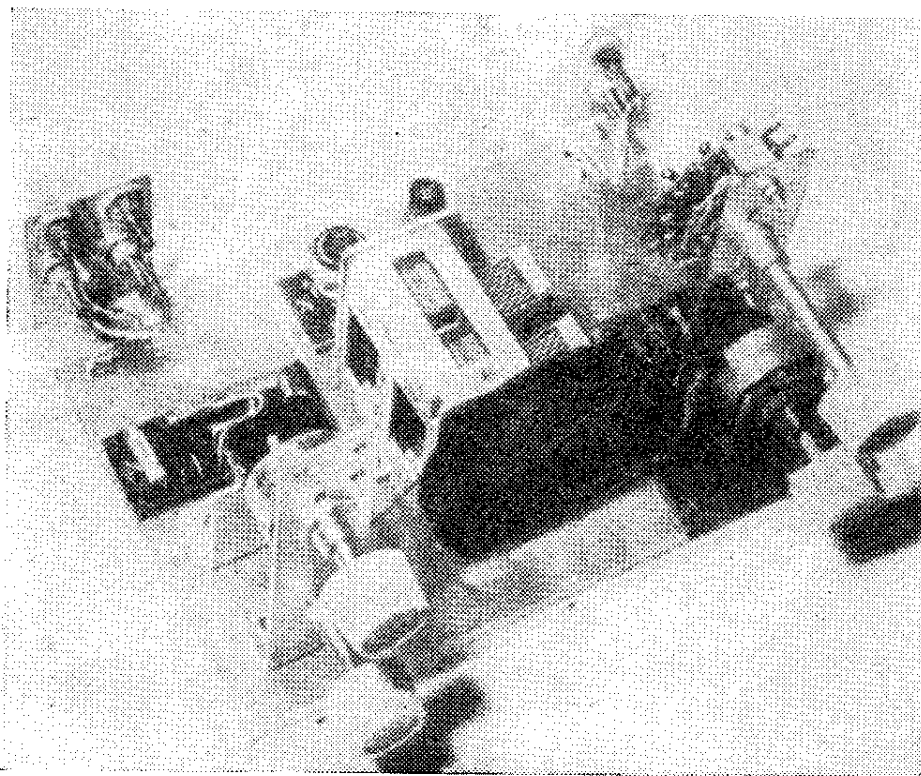
čeno, že se nepodaří navinout cívku napoprvé. Hotovou cívku zasadíme do otvoru v desce cívkové soupravy D (obr. 42).

K přepínání cívek potřebujeme přepínač. Postačí jednodeskový třípólový TESLA PN 533 16. K jeho připevnění poslouží pravý přední úhelník podle obr. 52. Vzhledem k délce svislé části a dosti značné síle potřebné k přepnutí musíme úhelník zhotovit z hliníkového plechu tloušťky 1,5 až 2 mm.

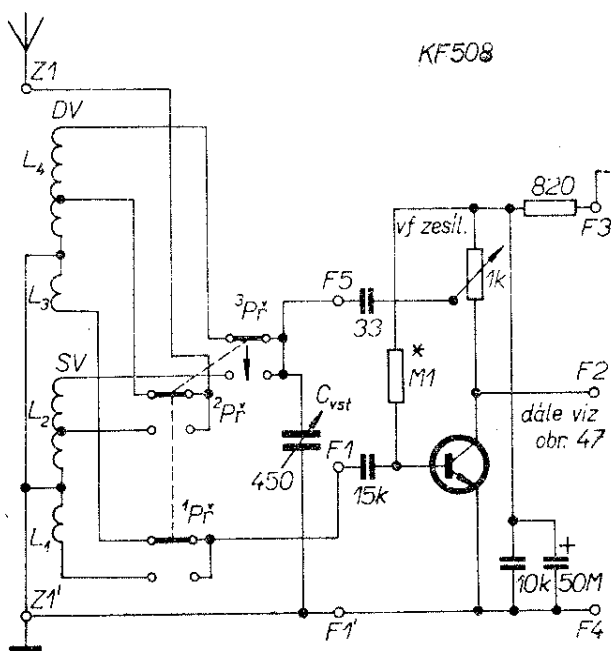
Nemá snad smyslu opakovat znovu rozložení jednotlivých obvodů a součástek. Postačí pohled na obr. 53 a 54 (3. str. obálky). Pravý přední úhelník zasahuje ohnutou vodorovnou částí pod detekční desku C. Tam je k základní kostře připevněn dvěma šrouby $M3 \times 5$ mm.

Zapojení vř dílu dvourozsahového přijímače je na obr. 55. Obvody tranzistoru jsou totožné se schématem na obr. 47. Liší se však zapojení ladícího obvodu.

Malými kroužky jsou znázorněny protilehlé pružiny přepínače. Krátké tlusté spojky znázorňují kontaktní „palce“, jež se pohybují mezi pružinami při otáčení hřídele přepínače. Indexy před symbolem přepínače 1Př , 2Př , 3Př určují, které ze samostatných sekcí přepínače pružiny patří. Rozsah sekce je přitom dán rozsahem



Obr. 53. Skutečný vzhled audionu se dvěma rozsahy (pohled zprava)

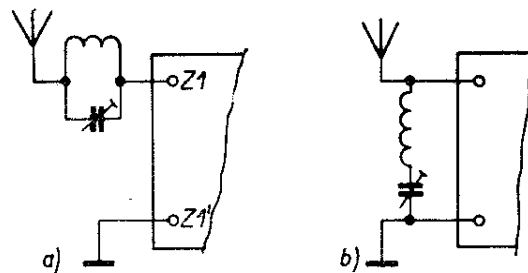


Obr. 55. Zapojení vf dílu audionu se dvěma rozsahy

heím pohybu jednoho a téhož kontaktního palce.

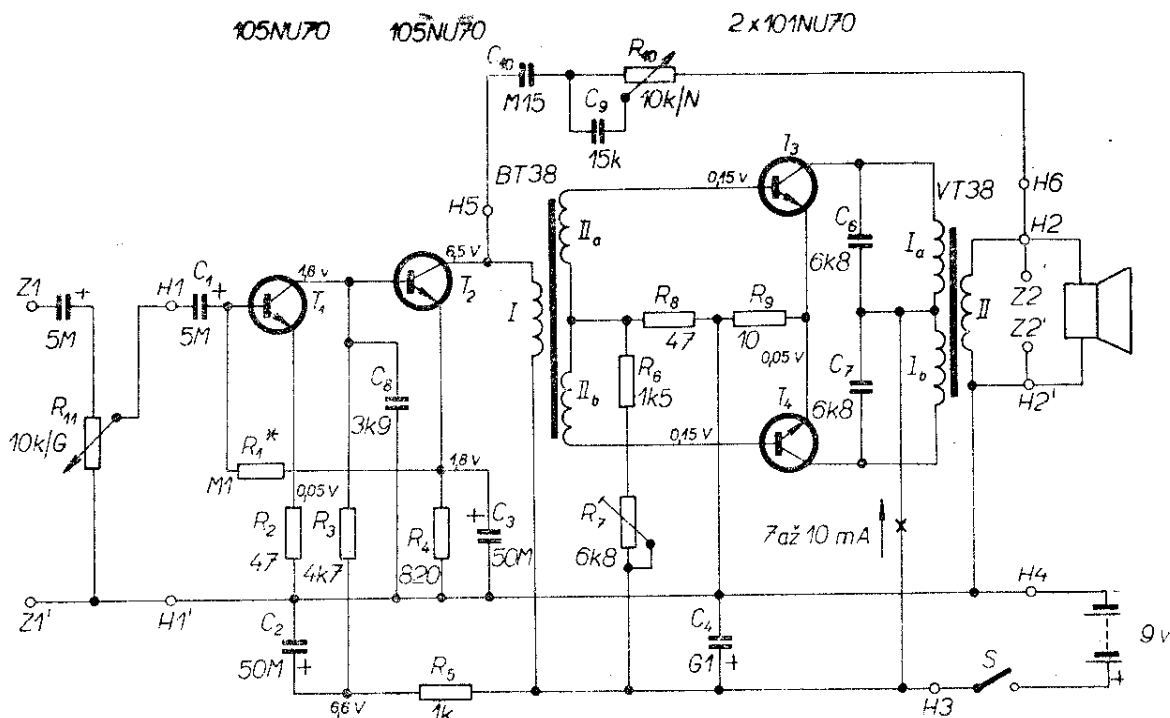
Zapojení dalších obvodů přijímače je stejné jako na obr. 47. Dříve popsaným postupem doladíme také rozsah dlouhých vln.

Přestože kladná vazba podstatně zlepši citlivost i selektivitu, může některá ze sil-

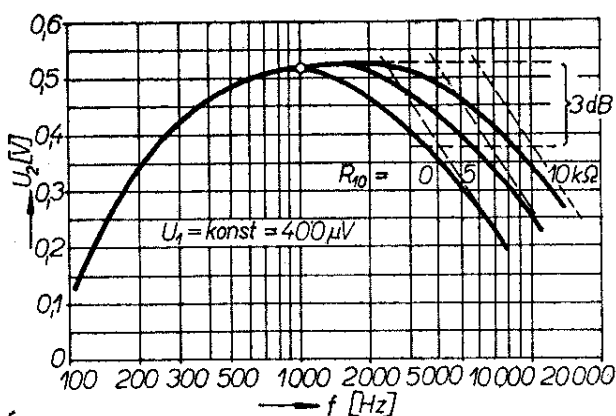


Obr. 56. Zapojení odladovače: a) paralelní; b) sériové

ných místních stanic rušit ostatní. Bráníme se tomu zvyšováním vf zesílení (a tím zužováním selektivní křivky na obr. 51) při případném zmenšení nf zesílení. Nepomůže-li ani to, potlačíme silnou stanici odladovačem. Odladovač sestává z proměnného kondenzátoru (stačí s pevným dielektrikem, např. ZK 56) a cívky o stejné indukčnosti, jaké je třeba pro pásmo, ve kterém rušící stanice pracuje. Paralelní odladovač na obr. 56a má na rezonančním kmitočtu nekonečně velký odpor a brání vstupu signálu z antény do přijímače. Sériový odladovač na obr. 56b má za stejných podmínek naopak odpor nulový. Tím se rušivý kmitočet zkratuje z antény do zemnicí zdířky. Odladovač je třeba naladit přímo za provozu s použitým druhem antény.



Obr. 57. Schéma pomocného nf zesilovače

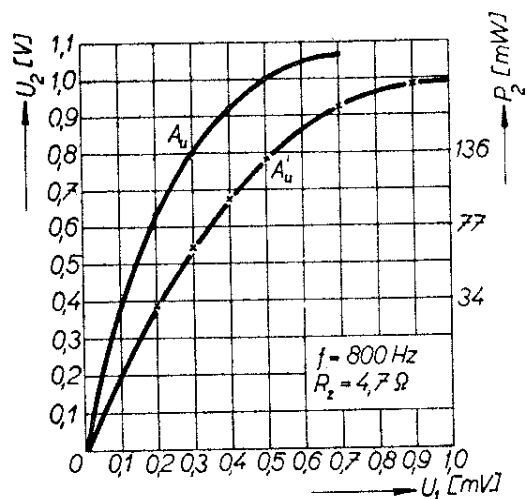


Obr. 58. Kmitočtové charakteristiky pomocného zesilovače

Pokusný nf zesilovač

Zapojení jednoduchého nf zesilovače s výstupním výkonem $P_{2 \max} = 100 \text{ mW}$ je na obr. 57.

Předzesilovač je osazen tranzistorem T_1 , T_2 . Jejich stejnosměrné pracovní body jsou stabilizovány dvojitou zpětnou vazbou z odporu R_4 přes odpor R_1 do báze T_1 . Budicí i výstupní transformátory jsou výrobky Jiskra nebo podobné typy. Dvojitý výkový stupeň je v obvyklém uspořádání. Na odporu R_9 vzniká proudová zpětná vazba a vyrovnává rozdíly v zesilovacích

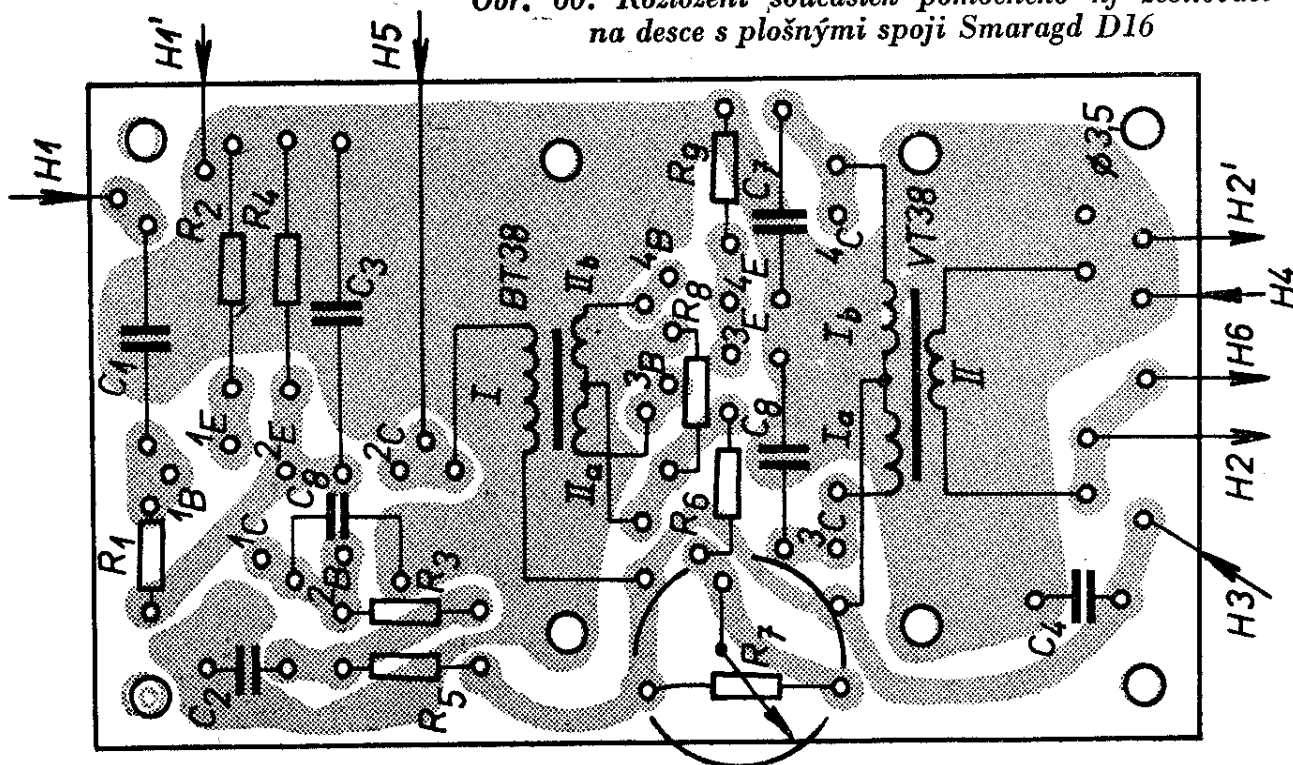


Obr. 59. Amplitudové charakteristiky pomocného zesilovače

schopnostech obou tranzistorů T_3 , T_4 . Potenciometr R_7 slouží k nastavení klidového proudu obou těchto tranzistorů na 7 až 10 mA.

Všechny druhy zkreslení zmenšuje záporná zpětná vazba z bodu H6 do bodu H5. Kromě toho dvojpól R_{10} C_9 dovoluje nastavit změnou R_{10} šířku zesilovaného pásma od 3 do 9 kHz pro pokles 3 dB (obr. 58). Užší pásmo je zvláště vhodné při poslechu slabších stanic rušených interferenčními hvizdy. Amplitudová charak-

Obr. 60. Rozložení součástek pomocného nf zesilovače na desce s plošnými spoji Smaragd D16



teristika na obr. 59 svědčí o slušné linearitě zesilovače i při výstupním výkonu $P_{2\max}$ větším než 100 mW. Srovnání obou křivek ukazuje vliv záporné zpětné vazby. Napěťové zesílení pro $f = 800$ Hz a slabé signály bez vazby je asi $A_u = 2\,500$ a po zavedení záporné zpětné vazby se zmenší asi na $A'_u = 1\,200$.

V našem popisu je tento zesilovač označen jako typ H. Je na destičce s plošnými spoji Smaragd 0005. Rozložení součástek je zřejmé z obr. 60. Spoje kolem potenciometru R_{11} vedeme stíněnými dráty.

Že i pro tento zesilovač lze s výhodou použít jednotnou konstrukci popsanou na začátku této kapitoly je zřejmé z obr. 61 a 62. Protože zesilovač je jen v občasném provozu, nemá vestavěny baterie. Oválný reproduktor ARE485 zajišťuje slušnou reprodukci i při malém objemu kovového krytu. Koncové tranzistory jsou pro lepší chlazení zasunuty do svinutých konců mě-

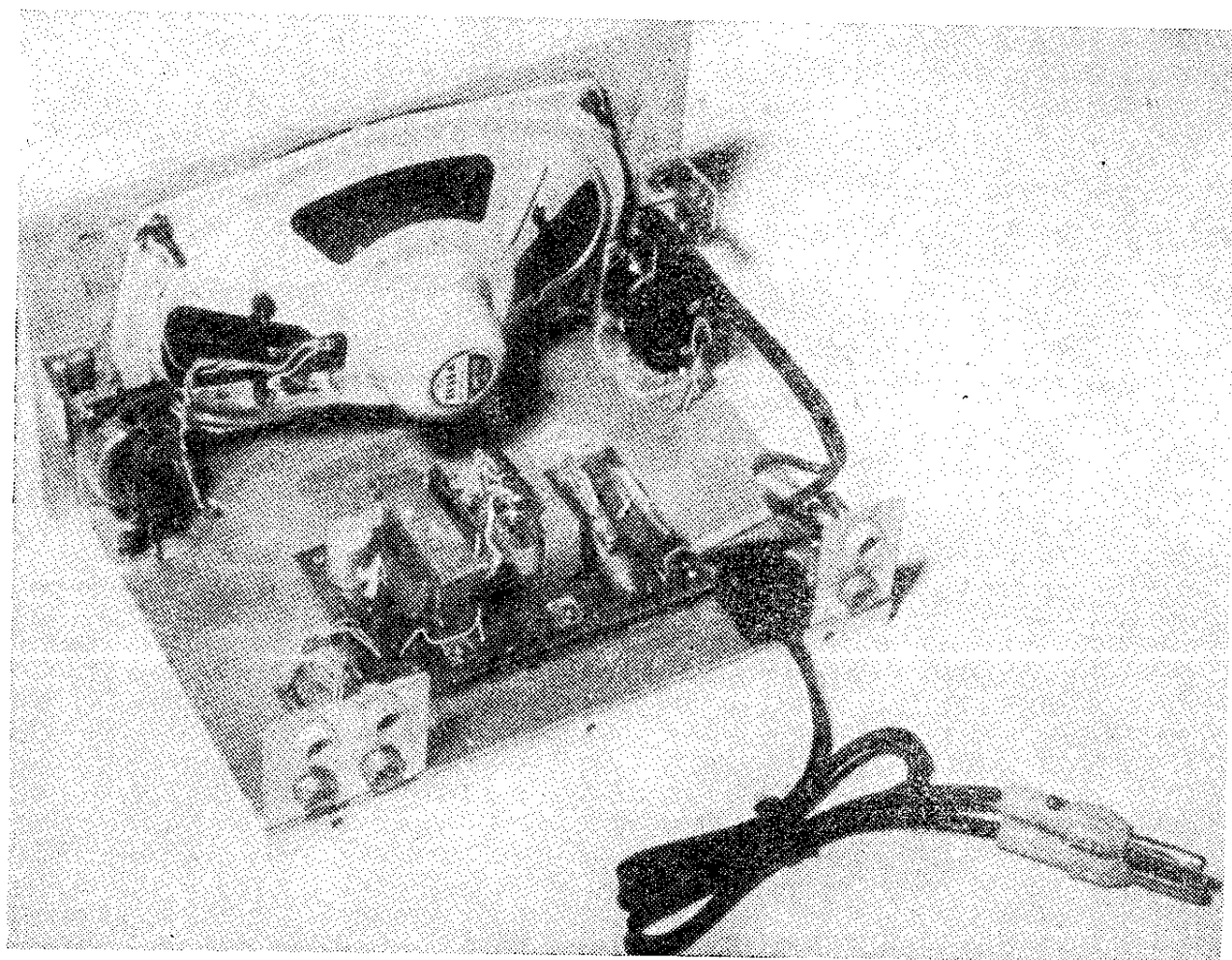
děného pásku, připájeného k horní ploše transformátoru VT38 (obr. 63a).

Otvor reproduktoru je zakryt modrou látkou a mříží s čtvercovými otvory. Zhotovíme ji z modelářských hranolků 10×2 mm, začepovaných podle obr. 63b, slepených Epoxý 1200 a natřených černým nitrolakem.

Je samozřejmé, že tak, jak později porostou naše zkušenosti a nároky, nahradíme popsaný malý zesilovač jakostním zesilovačem s větším výstupním výkonem. Taková zapojení nalezne zájemce v časopisech, především v AR, v dostatečném množství a v nejrůznějších provedení.

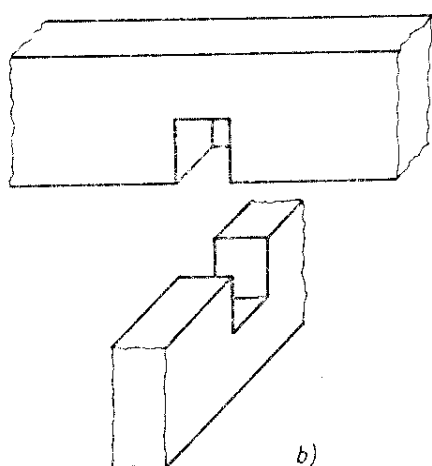
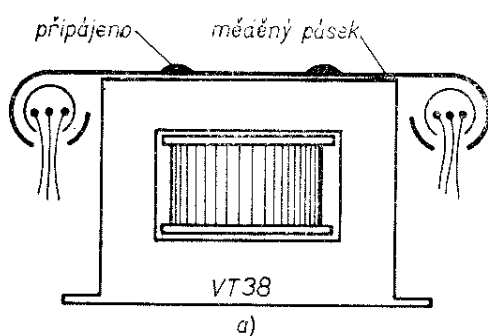
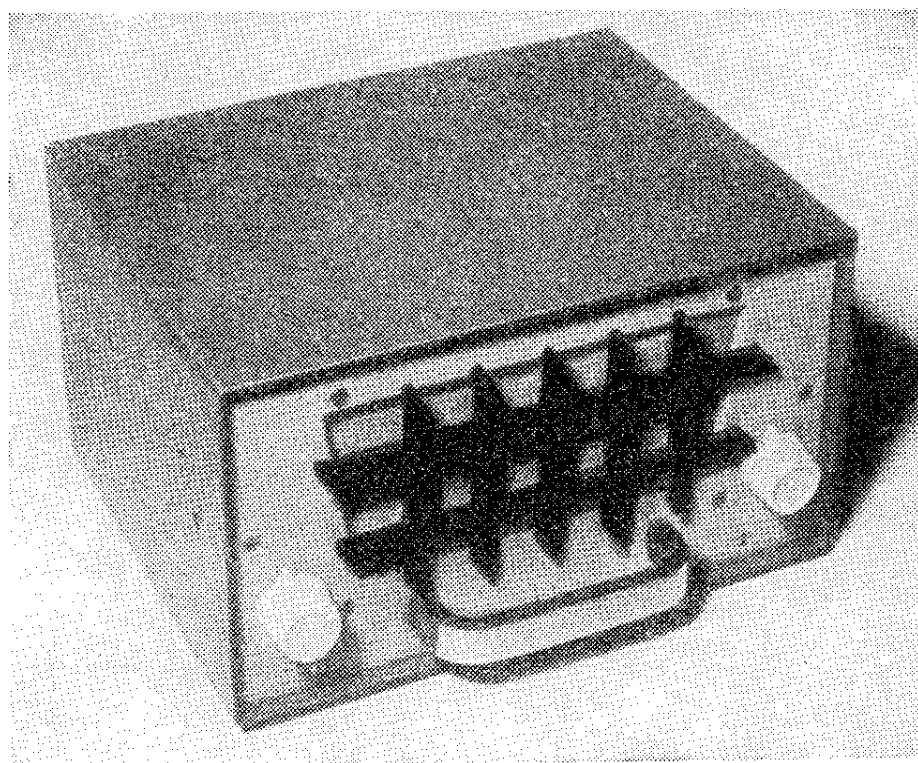
Přímozesilující přijímač se šesti rozsahy

Máme tedy již dostatek zkušeností ke stavbě úplného přímozesilujícího „komunikačního“ přijímače. Použijeme většinu



Obr. 61. Umístění dílů a obvodů na základní kostře

Obr. 62. Celkový
vzhled pomocného
nf zesilovače



Obr. 63. Připevnění výstupních tranzistorů
(a) a způsob čepování ochranné mřížky (b)

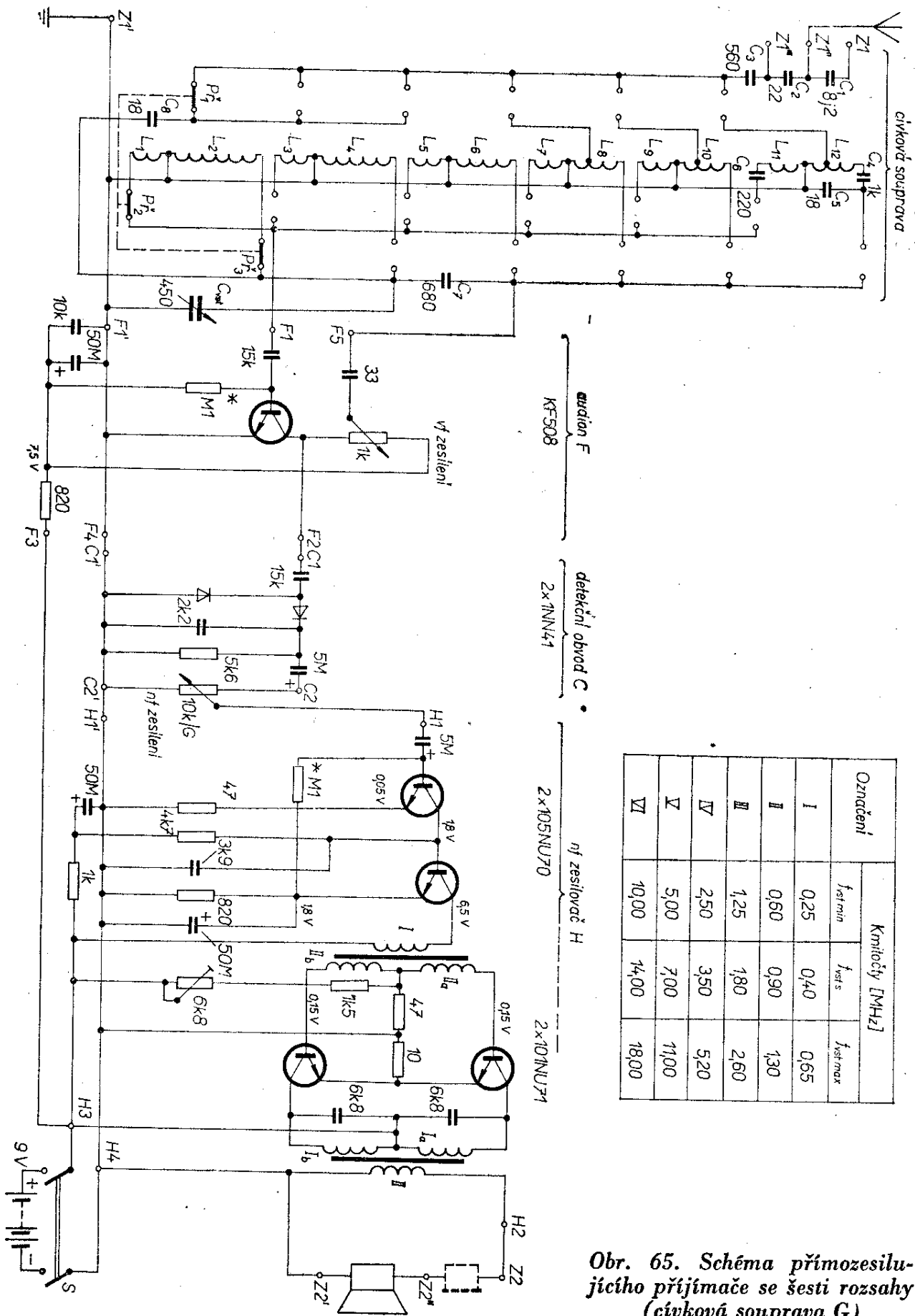
součástek a dílů z předchozích návodů. Navíc – protože už jde o přijímač definitivní, uzavírající tuto první část výkladu – opatříme kostru předním a zadním panelem a zasuneme jej nakonec do krytu, popsaného v úvodu tohoto oddílu. Jak bude tento náš přijímač vypadat, ukazuje obr. 64.

Nejprve musíme zvolit počet a návaznost kmitočtových pásem.

Počet pásem je dán počtem šesti poloh vlnového přepínače PN 53318, jenž se pro náš účel hodí nejlépe. V amatérských poměrech by bylo asi přepychem stavět jeden přijímač pro poslech rozhlasových a druhý pro poslech amatérských pásem. Proto autor navrhl následující rozdělení rozsahů:

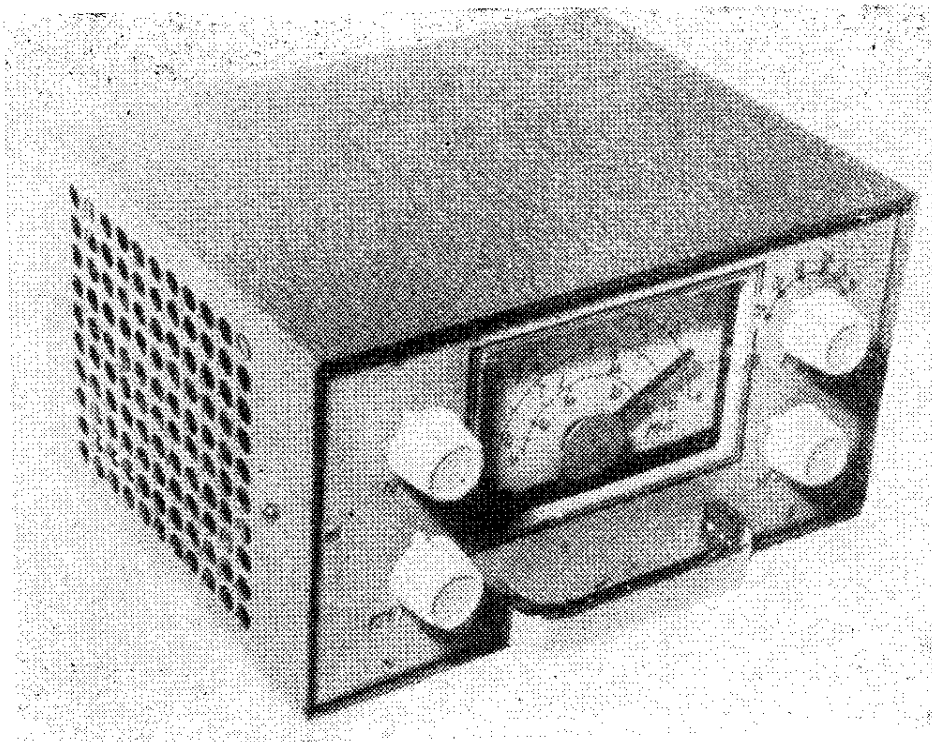
I: dlouhé vlny, *IV:* pásmo 3,5 MHz,
II: střední vlny, *V:* pásmo 7 MHz,
III: pásmo 1,8 MHz, *VI:* pásmo 14 MHz.

Přímozesilující přijímač – až si postavíme později typ dokonalejší – poslouží v dílně jako primitivní selektivní voltmetr. Proto byly rozsahy navíc uspořádány tak, aby se těsně překrývaly (tabulka v obr. 65). Za cenu trochu neobvyklého „roztržení“ středních vln bylo pokryto i mezilehlé pásmo kolem 500 kHz. Má-li čtenář odlišný názor, byl dříve podán



Obr. 65. Schéma přímozesilujícího přijímače se šesti rozsahy (cívková souprava G)

Obr. 64. Celkový
pohled na přímoze-
silující přijímač se
šesti rozsahy



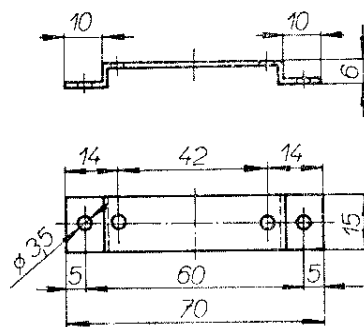
dostatečně podrobný výklad k samostatnému výpočtu součástí laděných obvodů.

Celkové schéma přijímače je na obr. 65.

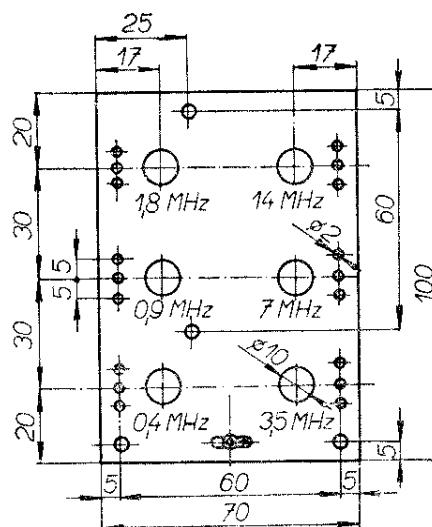
Nová je pouze cívková souprava na desce G. Se všemi ostatními, tj. audionem F, detekčním obvodem C a nf zesilovačem H jsme se setkali v předchozích oddílech a nemusíme se zde proto jimi zabývat.

Zakoupený vlnový přepínač PN 63318 musíme nejprve upravit. Povolním čtyř rohových šroubků jej rozebereme, vyjme stínící vložky a jednu kontaktní desku. Pak zkrátíme unášecí i oba nosné pásky (jež drží v potřebné poloze kontaktní desky) na délku asi 45 mm, ohneme a znovu opatříme dírou se závitem M3 pro rohové šroubky. Mezi tyto nosné pásky vložíme pouze dvě kontaktní desky. Místo původního úhelníku, jenž spojoval zadní konec pásek, zhotovíme třmen podle obr. 66. Jak vypadá vlnový přepínač po úpravě, ukazují obr. 67 a 68.

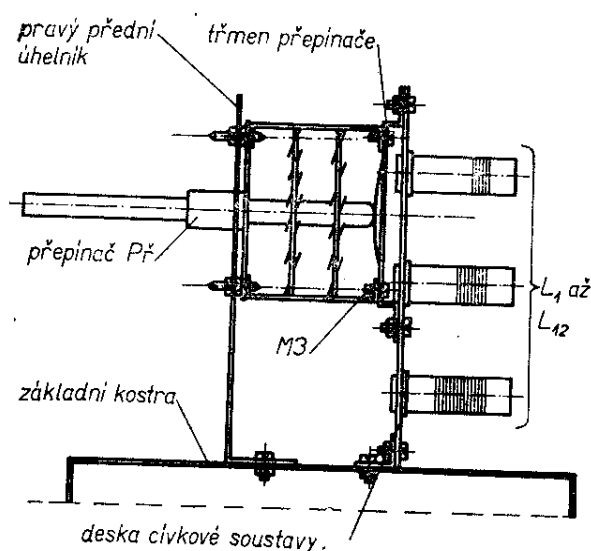
Pak zhotovíme z pertinaxu tloušťky asi 1,5 mm nosnou desku cívkové soupravy G podle obr. 67. Šest otvorů o $\varnothing 10$ mm slouží k zasunutí cívek jednotlivých rozsahů. Deska i s cívkami je dvěma šrouby M3 \times 5 mm pevně spojena se zadním třmenem vlnového přepínače a tvoří s ním pevný celek (obr. 68). Vývody cívek jsou protaženy otvory



Obr. 66. Třmen přijímače



Obr. 67. Deska cívkové soupravy G



Obr. 68. Vlnový přepínač po úpravě s cívkovou soustavou G

o \varnothing 2 mm po třech u každé cívky ke kontaktům přepínače.

Pokud jde o elektrické uspořádání, odpovídá zapojení cívek v audionu přijímači na obr. 47 a 55. K přepínání anténního, ladičního a zpětnovazebního obvodu využijeme tři ze čtyř segmentů přepínače. Všechny zemnicí vývody cívek jsou svedeny k pájecímu očku při dolní hraně desky G.

Údaje cívek jsou v tab. 8. Pro rozsahy II až V nejsou vlastnosti použitých vodičů kritické a audion na těchto rozsazích pracuje na první zapojení. Horší je to s rozsahem I, kde nutno dbát, aby cívka měla tvar podle obr. 14c a „nerozutekla“ se do šířky. Rozhodně po-

hodnější je použít feritové hrníčkové jádro o \varnothing 18 mm. Vzhledem k tomu, že se v prodeji vyskytují jádra s různou mezerou i vůbec nezabroušená, musí si potřebný počet závitů čtenář najít zkusmo. Cívka v hrníčkovém jádru může být vinuta v lankem a má tudíž i vyšší jakost Q než cívka na válcovém jádru. Nejvyšší trpělivost však vyžaduje cívka pro pásmo 14 MHz. Vzhledem k poměrně velké ladiční kapacitě je její indukčnost L_{12} malá. Tím je malý i odpor obvodu na rezonančním kmitočtu. Obvod je proto velmi citlivý na ztrátový odpor zavedený připojenou anténou. Navíc se v účinnosti kladné zpětné vazby nezbytně projeví pokles a fázový posun zesílení použitého tranzistoru. Ke zmenšení těchto potíží slouží zúžení rozsahů III až VI sériovým kondenzátorem C_7 , další zúžení rozsahu VI kondenzátory C_4 , C_5 a pomocný kondenzátor pro fázovou korekci C_6 . Všechny tyto kondenzátory jsou pájeny přímo k vývodům vlnového přijímače. I tak není vyloučeno, že cívku $L_{11} + L_{12}$ budeme vinout několi-krát, dokud nebude zpětná vazba spolehlivě nasazovat v celém rozsahu.

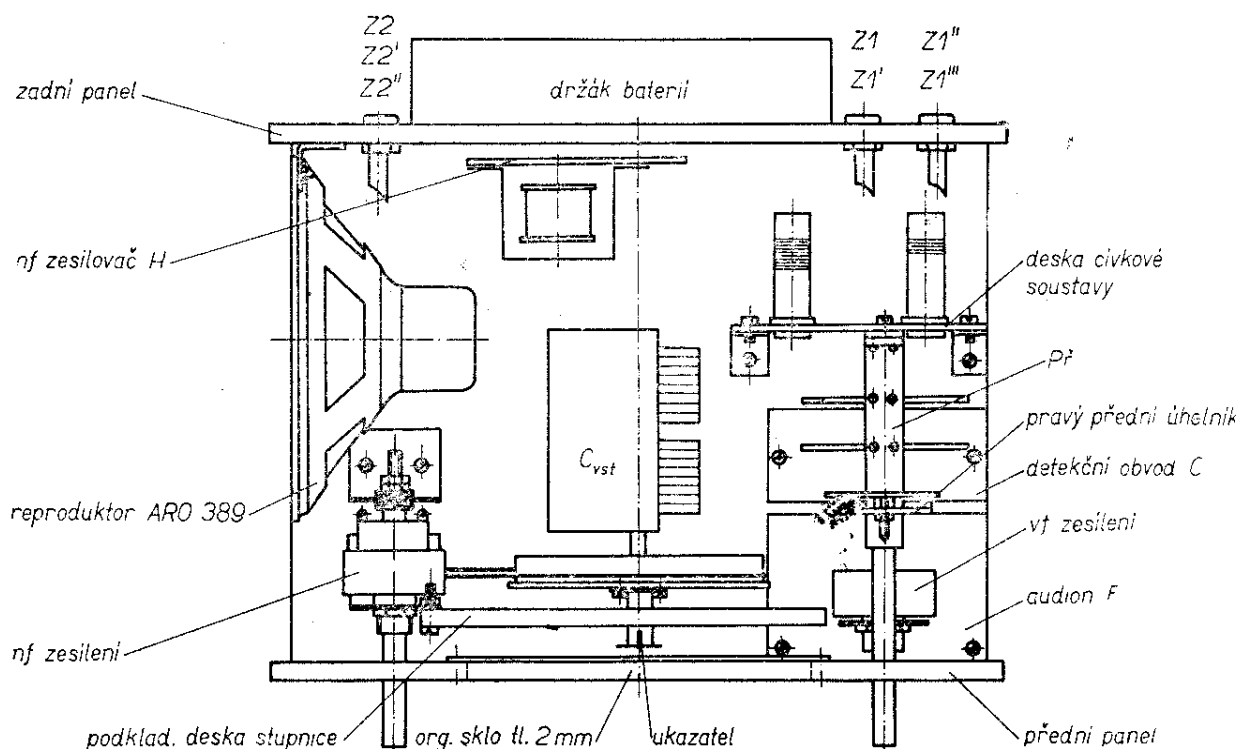
Kondenzátory C_1 až C_3 slouží k přizpůsobení použité antény. Dlouhou anténu připojíme přes nejmenší kondenzátor C_1 a naopak. Vazba antény s laděným obvodem na rozsazích I až III je kapacitní, na rozsazích IV až VI indukční.

Rozložení obvodů a jednotlivých součástek na základní kostře je na obr. 69.

Vlnový přepínač opět nese pravý úhelník (obr. 52). Deska cívkové sou-

Tab. 8

	Rozsah		$L_{\text{liché}}$			$L_{\text{sudé}}$			
	označení	$f_{\text{vst s}}$ [MHz]		[z]	vodič ϕ [mm]		[μ H]	[z]	odbočka [z]
	I.	0,40	L_1	20	0,15 Cu L	L_2	1000	250	—
	II.	0,90	L_3	10	20 x 0,05	L_4	160	110	—
	III.	1,8	L_5	8	20 x 0,05	L_6	64	65	—
	IV.	3,5	L_7	5	0,35 Cu L	L_8	16	33	5.
	V.	7,0	L_9	3	0,35 Cu L	L_{12}	4	20	3.
	VI.	14,0	L_{11}	3	0,35 Cu L	L_{12}	1	7	2.



Obr. 69. Rozložení součástek na základní kostře

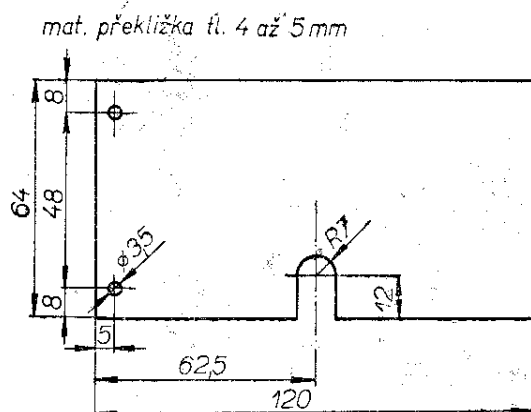
pravý G je navíc ke kostře připevněna dvěma úhelníky (obr. 68).

Nf zesilovač H je připevněn ve svislé poloze k zadnímu panelu, vstupem nahoru. Při levém okraji je reproduktor ARO389, připevněný pomocnými úhelníky ke kostře a zadnímu panelu.

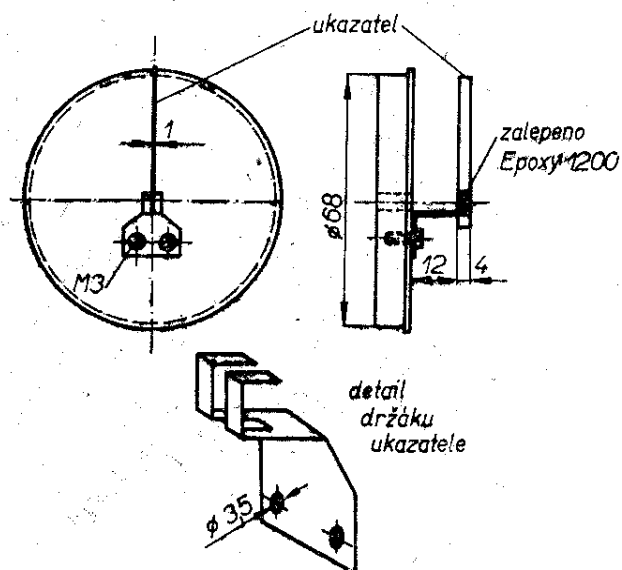
Držák stupnice podle obr. 70 zhotovíme z kousku rovné překližky. Dvěma šrouby M3 × 10 v otvorech při levé straně je držák připevněn k levému přednímu úhelníku (obr. 69).

Držák ukazatele na obr. 71 je zhotoven z měkkého hliníkového plechu tloušť-

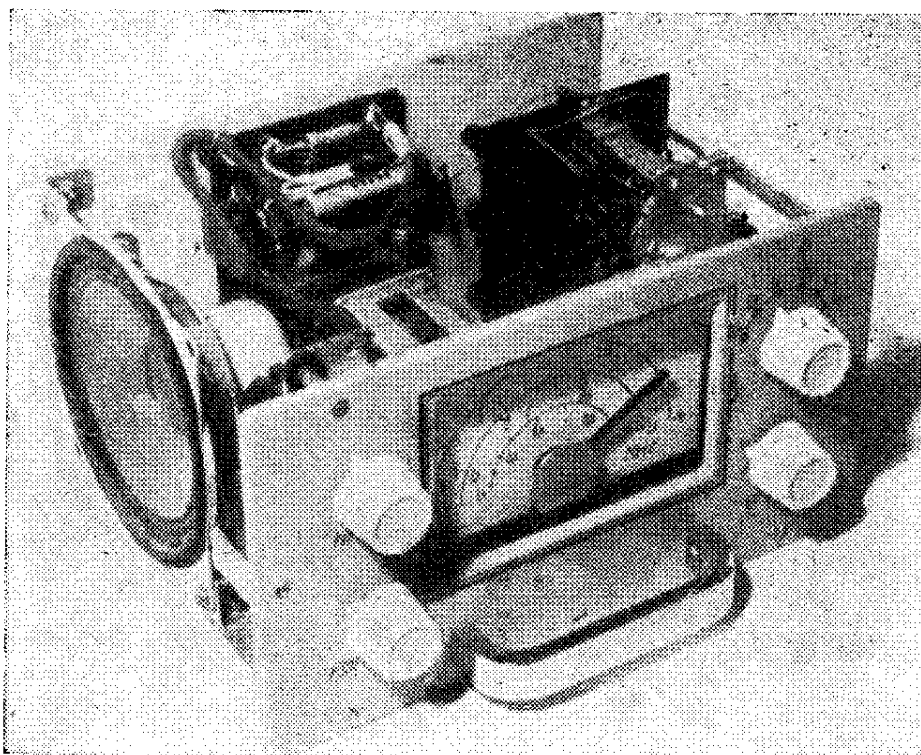
ky asi 1 mm. Pro dva šrouby M3 × 5 mm je třeba do bakelitového převodového kotouče vyvrtat otvory se závitem. Vlastní ukazatel z pásu hliníkového plechu je natřen černou barvou, zasazen do zářezu držáku a zakápnut Epoxy 1200. Podle obr. 69 se ukazatel pohybuje v mezeře mezi stupnicí a předním panelem. Otvor stupnice je zevnitř zakryt organickým sklem. Stupnice je nakres-



Obr. 70. Držák stupnice

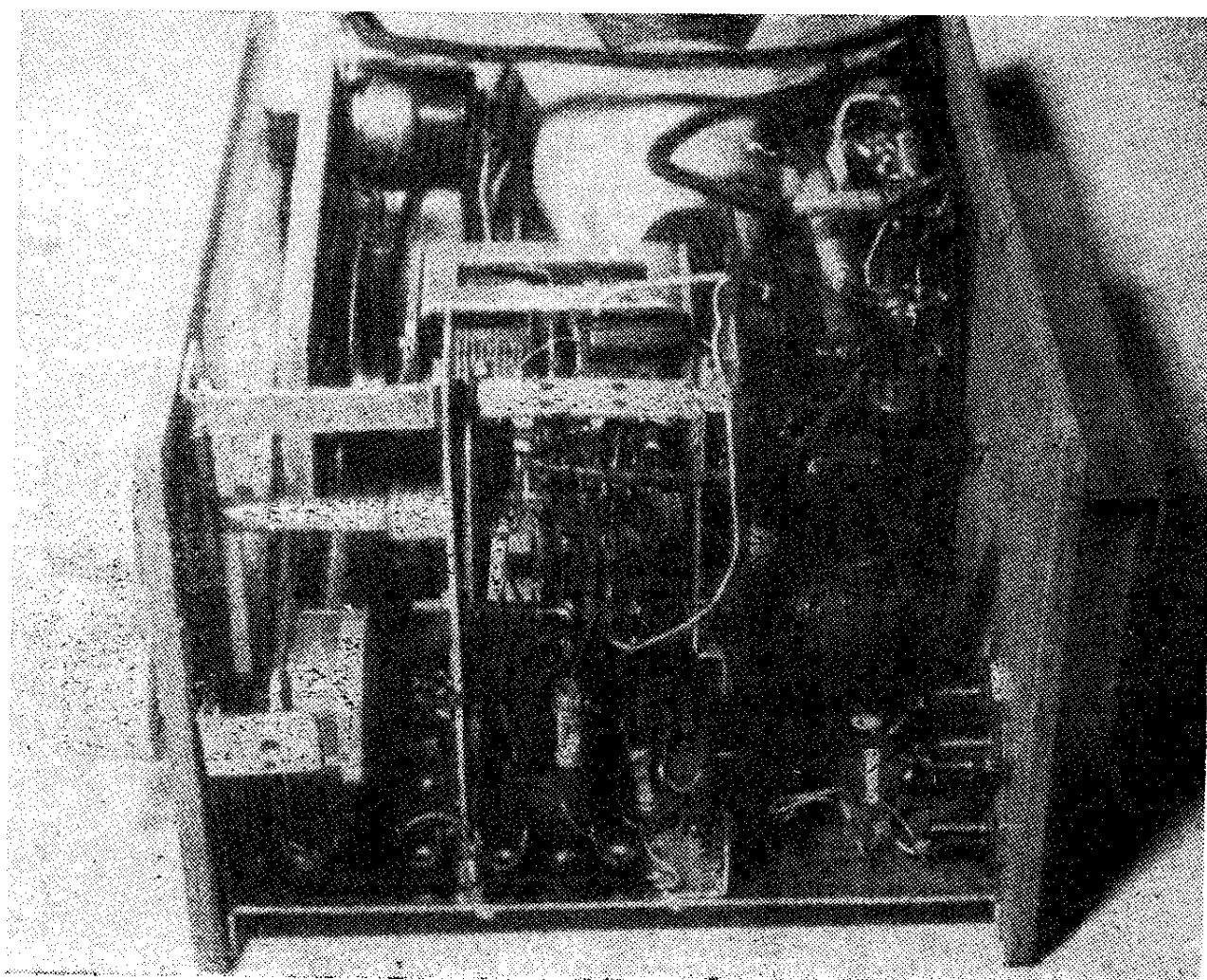


Obr. 71. Držák ukazatele



*Obr. 72. Celkový
pohled na přijímač*

*Obr. 73. Pohled na
přijímač se strany
cívkové soupravy G*



lena na kladívkové čtvrtce, nalepené na držák stupnice.

c Pohled na sestavený přijímač ze strany dívkové soupravy je na obr. 72 a celkový pohled je na obr. 73.

Mezi zdírkami Z2, Z2'' může být zapojen vnější reproduktor nebo sluchátka. Jinak je možno spojit tyto zdířky dokrátka.

Po sestavení postupujeme při oživování přijímače obvyklým způsobem. Protože všechny desky s plošnými spoji byly ověřeny již v předchozích konstrukcích, nelze očekávat potíže. Cívkovou soupravu osazujeme postupně po ověření funkce každé zhotovené cívky. Kdyby se na některém z rozsahů objevila „díra“ v citlivosti nebo nasazení zpětné vazby, je to způsobeno sacím jevem vlastní rezonance cívky některého z rozsahů o nižším kmitočtu. Rušící cívku na rušeném rozsahu zkratujeme posledním ze čtyř segmentů přepínače.

K nastavení rozsahů nejlépe poslouží signální generátor. Není-li modulován, kontrolujeme naladění ručkovým měřidlem zapojeným do série s odporem 5,6 kΩ v detekčním obvodu C. Pak na každém z rozsahů nastavíme ukazatel na pravý okraj stupnice (max. ladící kapacita) a jádrem cívky nastavíme rezonanci na kmitočtu $f_{vst \min}$ (tabulka v obr. 65). Bez dalších úprav by se měly rozsahy mírně překrývat, jak jsme původně předpokládali.

Bez signálního generátoru nezbyvá než ladit podle rozhlasových stanic známé vlnové délky. Jejich podrobný seznam byl v RK 1/69.

Díky stupnici nejprve lehce označíme měkkou, ostře ořezanou tužkou. Pak znovu odmontujeme držák stupnice a stupnici nakreslíme taší.

Různá zapojení přímozesilujících přijímačů

Dosud popisované přijímače používaly běžný ladící kondenzátor o kapacitě 2×450 pF. Na kmitočtech nad 20 MHz proto vycházejí potřebné indukčnosti příliš malé.

Mějme např. při střední kapacitě $C_{vst} = 200$ pF dosáhnout rezonanci na

kmitočtu $f_0 = 30$ MHz. Z nomogramu na obr. 8 odhadneme, že potřebná indukčnost je asi $0,14 \mu\text{H}$.

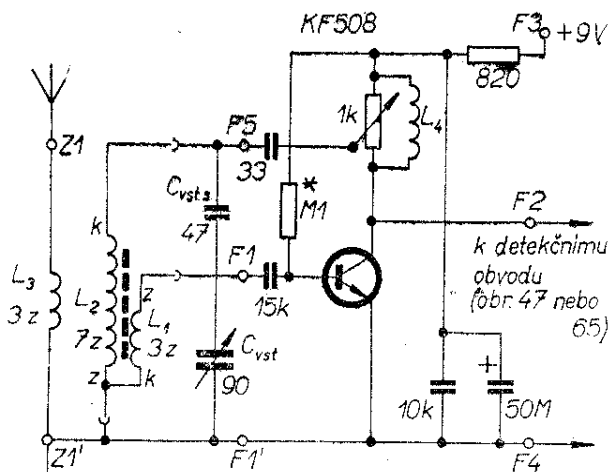
Stačí však, abychom použili kondenzátor o menší kapacitě např. $C_{vst} = 20$ pF, aby potřebná indukčnost byla $1,3 \mu\text{H}$.

Chceme-li si tedy vyzkoušet audion na kratších krátkovlnných rozsazích, použijeme ladící kondenzátor např. ze staršího kapesního přijímače TESLA T60. Jeho oscilátorová sekce má kapacitu od 8 do 90 pF, tu za cenu zúžení rozsahu ještě zmenšíme sériovým kondenzátorem $C_{vst s}$.

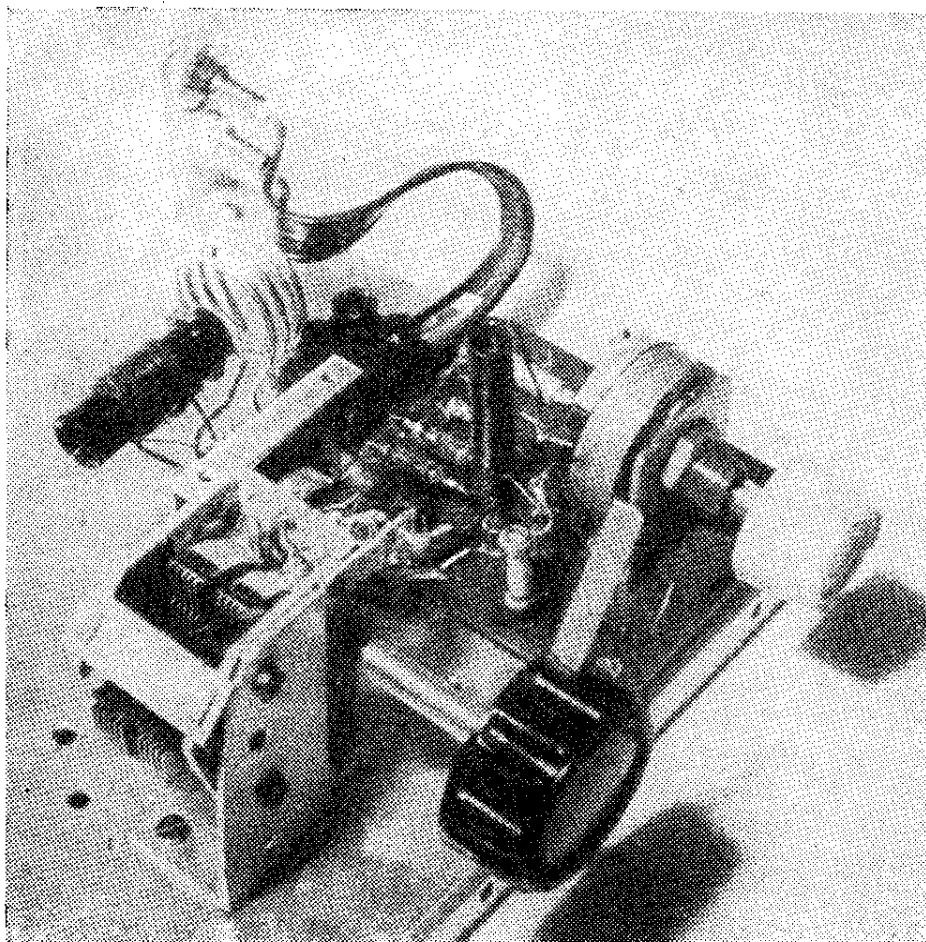
Zapojení audionového obvodu je téměř stejné s dříve popsáním zapojením F na obr. 47. Jen paralelně k potenciometru přibyla na obr. 74 vř. tlumivka L_4 . Zhotovíme ji navinutím asi 30 závitů drátu o $\varnothing 0,7$ mm CuL na průměru 6 mm (hřídel potenciometru). V sérii s C_{vst} je dříve zmíněný pomocný kondenzátor $C_{vst s} = 47$ pF.

Vzhledem k tomu, že na těchto kmitočtech je třeba zkrátit přívody na minimum, nelze používat vlnový přepínač. Proto se v pokusném audionu na obr. 75 používá třípólový konektor, určený původně pro elektroakustické účely. K jeho zástrčce jsou připájeny vývody cívky navinuté na válcovém jádru o $\varnothing 10$ mm.

Anténní vinutí L_3 se při výměně ladící cívky nemění. Tvoří je 3 samostatné závity holého drátu o $\varnothing 1$ až 1,5 mm, navinutého na $\varnothing 20$ až 25 mm. Lámací



Obr. 74. Schéma audionu pro pásma 20 až 50 MHz



Obr. 75. Audion
pro pásma 20 až
50 MHz v pokusné
úpravě

svorka dovoluje přihnout anténní vinutí do nejvýhodnější polohy.

Údaje cívky v obr. 74 platí pro pásmo 20 až 32 MHz. Vinutí L_1 , L_2 jsou vinuta ve stejném smyslu s propojením začátků z a konců k podle schématu. Při troše trpělivosti lze zhotovit cívky pro kmitočty až kolem 50 MHz. Čtenářům ve středních Čechách a na Ostravsku se ohlásí televizní obrazový signál charakteristickým vrčením obrazové synchronizace. Zvukový kmitočtově modulovaný doprovod lze detekovat na boku rezonanční křivky ladicího obvodu.

Superhety

Příklady zapojení superhetů

Blokové schéma komunikačního přijímače s dvojím směřováním je na obr. 76 (Funktechnik č. 17/67). Přijímač lze zhotovit z několika základních dílů.

Základní technické údaje a popis činnosti

Rozsahy:

3,5 až 3,8 MHz,	21,0 až 21,6 MHz,
7,0 až 7,2 MHz,	28,0 až 30,0 MHz.
14,0 až 14,4 MHz,	

Potlačení zrcadlových kmitočtů: > 50 dB.

První mf kmitočet: 3,5 MHz.

Druhý mf kmitočet: 0,455 MHz.

Citlivost: asi 1 μ V při odstupu signálu od šumu 10 dB.

Napájení: 220 V; 4 VA.

Signál z antény přichází na vf předzesilovač. Po zesílení projde prvním směšovačem, na jehož výstupu je pásmová propust laděná na první mezifrekvenční kmitočet 3,5 MHz. Po zesílení se signál v druhém směšovači posune do kmitočtové polohy druhého kmitočtu 455 kHz. Z výstupu příslušného mf zesilovače při-

chází signál na demodulátor (pro běžnou amplitudovou modulaci s nosnou a oběma postranními pásmy) nebo product-detektor, součinný detektor (pro nemodulovanou telegrafii a SSB). Přepínačem *Př* lze výstupní nf zesilovač připojit vždy k jednomu z obou demodulačních bloků. Stejnosemenná složka demodulátoru AM řídí zesílení vf předzesilovače a prvního stupně mf zesilovače. Síťový napáječ napájí všechny tranzistorové obvody stabilizovaným napětím 9 V.

Zjednodušené schéma vstupních obvodů tohoto přijímače je na obr. 77.

V sérii s přívodem antény je zapojen odlaďovač mezifrekvence $L_1 C_1$. Diody D_7 a D_8 chrání vstupní obvody před vnějšími napětovými nárazy ať od blesku nebo vysílače. V předzesilovači je osazen tranzistorem T_1 v zapojení se společnouází. Jako pracovní kolektorový odpor se používá vf tlumivka L_3 . Napájecí napětí prvního oscilátoru (T_3) se stabilizuje Zenerovou diodou ZD6,2. První směšovač (T_2) pracuje současně jako mf zesilovač se soustředěnou selektivitou ($L_{13}, L_{14}, L_{20}, L_{21}$). Z vinutí L_{21} se signál vede na vstup druhého směšovače.

Oba vf předzesilovače i první oscilátor jsou laděny triálem 3×12 pF.

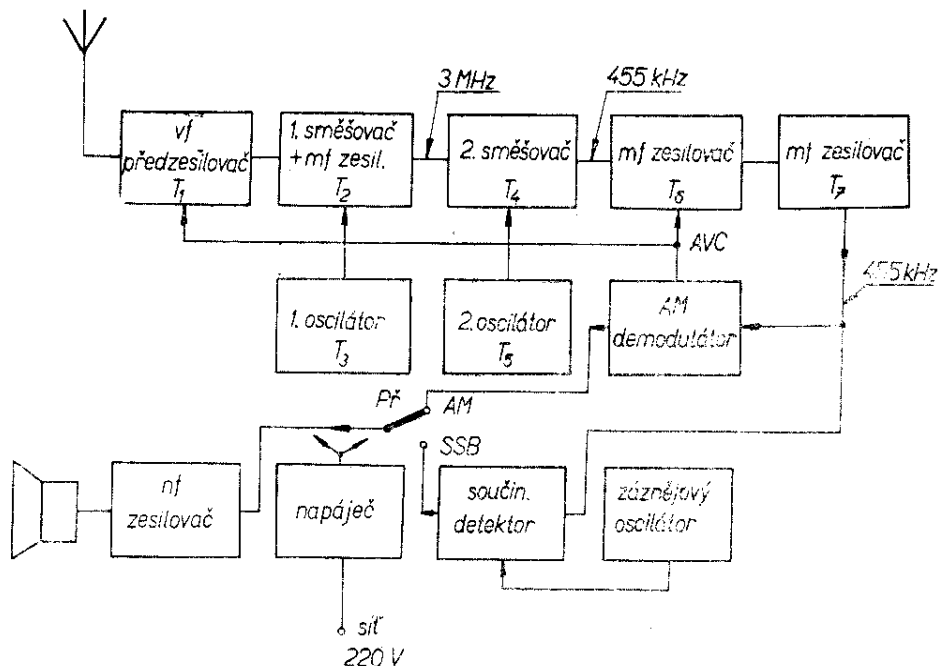
Podívejme se ještě na obr. 78, jakým způsobem se řeší změna šířky propustného

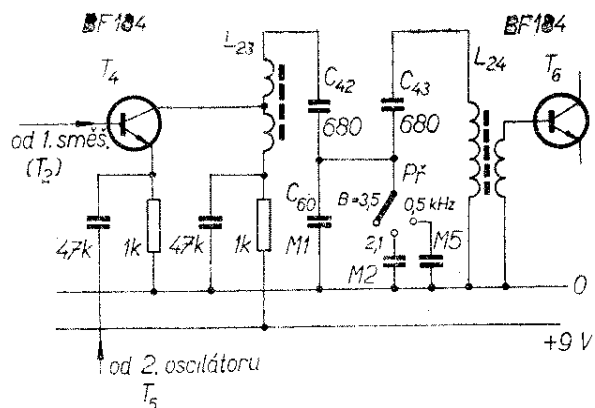
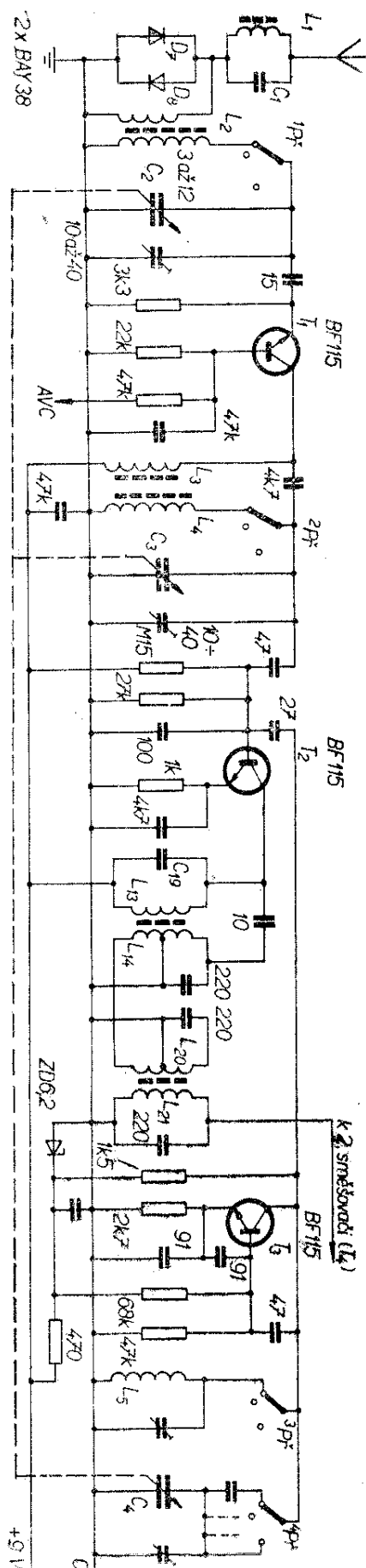
ho pásma mf zesilovače 455 kHz. Místo obvyklého malého kondenzátoru (10 až 20 pF) mezi „živými“ konci obou laděných obvodů $L_{23} C_{42}$ a L_{24}, C_{43} se používá kondenzátor s velkou kapacitou C_{60} . Jeho reaktance slouží k zavedení vazby mezi oběma obvody. Je-li tato reaktance velká, je vazba těsná s velkou šířkou pásma ($B = 3,5$ kHz). Připojíme-li k C_{60} přepínačem *Př* další kondenzátor, vzájemná reaktance klesne, vazba mezi obvody je volná a tím se zmenšuje i šířka propustného pásma ($B = 2,1$ a $0,5$ kHz).

Vf díl dobrého krátkovlnného přijímače byl popsán v Radio (SSSR) č. 5/69. Je určen k poslechu na čtyřech rozestřených pásmech: *I* = 25 m (11,5 až 12,1 MHz); *II* = 31 m (9,35 až 9,85 MHz); *III* = 41 m (7,0 až 7,35 MHz); *IV* = 49 m (5,95 až 6,25 MHz). Používá mf kmitočet 455 kHz, jeho citlivost je lepší než 50 μ V. Selektivita je definována poklesem zisku o 30 dB při rozladění o ± 10 kHz. Zrcadlové kmitočty jsou potlačeny asi o 20 dB. Jmenovitý výstupní výkon nf zesilovače (kterým se však zde nebudeme zabývat) je 100 mW. Napájecí baterie 9 V je v klidu zatížena proudem asi 8,5 mA. Celý přijímač je v původním uspořádání vestavěn do skříňky velikosti $232 \times 147 \times 31$ mm a váží asi 1 kg.

Jak ukazuje schéma na obr. 79, je použito několika zajímavých obvodů.

Obr. 76. Blokové schéma přijímače s dvojitým směšováním

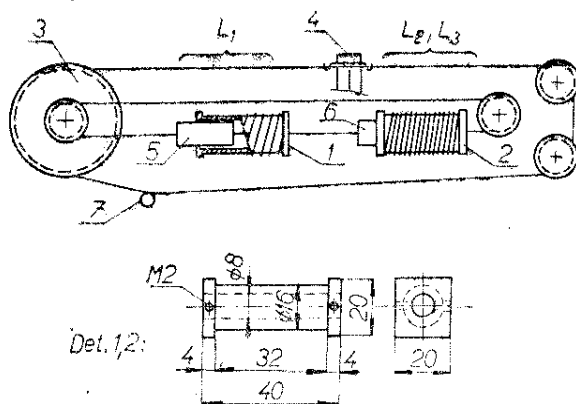




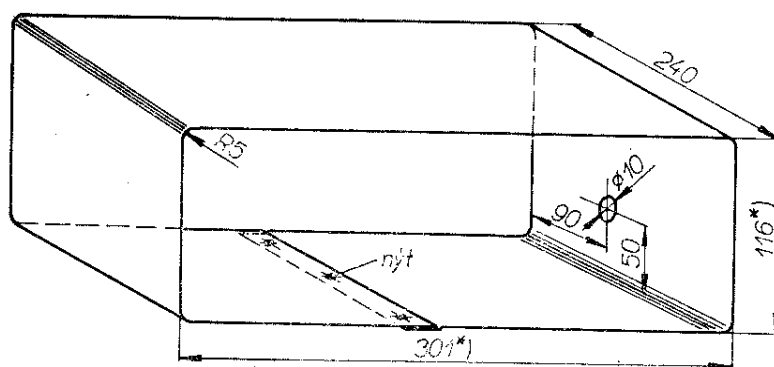
Obr. 78. Zapojení mf zesilovače přijímače
z obr. 76

Vf zesilovač (T_1) i oscilátor (T_3) nemá obvyklý proměnný kondenzátor, obvody jsou laděny pohyblivými feritovými jádry cívek. Základní uspořádání ladicího mechanismu je na obr. 80. Ve vzdálenosti asi 30 mm jsou souose uspořádány dvě kostry 1, 2 vysoustružené z organického skla. Hlavní bubínek 3 ve žlábků o větším poloměru vede lanko s ukazatelem 4, ve žlábků o menším poloměru je lanko, na němž jsou navlečena jádra 5, 6. Potřebný převod „do pomala“ zajišťuje hřídel 7 s ladicím knoflíkem.

Cívky L_1 až L_3 (počty závitů jsou v tab. 9) jsou vinuty měděným posříbřeným drátem o \varnothing 1 mm se stoupáním 1,8 mm. Polohu závitů zajistíme přetřením vhodným lakem (zlomky organického skla, rozpuštěné v chloroformu) nebo, což je lepší, navinutím cívky do předem vypilované šroubovicové drážky. Obě jádérka na lanku upevníme tak, aby měly vůči svým kostrám přesně stejnou polohu.



Obr. 83. Kryt superhetu (údaje s hvězdičkou jsou vnitřní rozměry, přesně dodržet)



Anténa je ke vstupnímu laděnému obvodu připojena přes paralelní rezonanční obvod odladovače C_{odl} , L_{odl} . Vstupní obvod se skládá z cívky L_2 a kondenzátoru C_{vst} . Je to polovina již dříve používaného duálu 2×450 pF. Impedance antény je přizpůsobena impedanci vstupu pomocným vinutím L_1 .

Kdo zná schémata běžných (kapesních) tranzistorových přijímačů, ví, že funkci směšovače, oscilátoru a prvního stupně mf zesilovače plní u nich jediný tranzistor. To je dobře možné u přijímače s jedním nebo dvěma rozsahy. Pro větší kmitočtový rozsah je nastavení takového obvodu obtížné. Proto jsme zvolili zapojení s oddělenými funkcemi tranzistorů. Takové zapojení pracuje spolehlivěji i při velkém rozptylu parametrů tranzistorů nebo odlišné volbě kmitočtových rozsahů.

Tranzistor T_1 v zapojení se společnou bází pracuje jako širokopásmový zesilovač. Pracovní odpor $R_4 = 1$ k Ω dovozuje rovnoměrné zesílení od desítek kHz do desítek MHz. Zesílené napětí se odebírá z kapacitního děliče C_3 , C_4 . Směšovací tranzistor T_2 má v kolektorovém obvodu vstup mf zesilovače. Emitorový odpor R_6 slouží i pro tranzistor T_3 (oscilátor). Také tento tranzistor pracuje v zapojení se společnou bází. Laděný obvod se skládá z cívky L_3 a druhé sekce ladicího kondenzátoru.

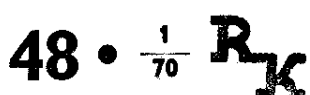
Mezifrekvenční zesilovač L je konstruován se soustředěnou selektivitou. Hlavním členem je třístupňová mf propust M. Skládá se ze tří volně vázaných paralelních rezonančních obvodů. Z odbočky cívky L_6 je buzen dvoustupňový zesilovač osazený tranzistory T_4 , T_5 . V kolektoru T_5 je zapojen další rezonan-

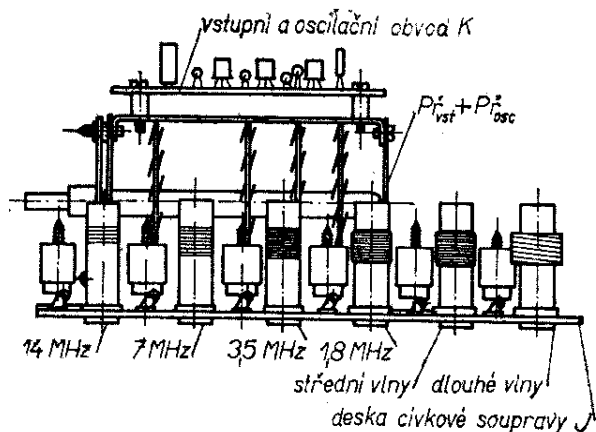
ční obvod, z jehož odbočky L_7 se odebírá signál pro detekční obvod C.

Další zesílení detekovaného signálu obstará mf zesilovač H (str. 33) se zápornou zpětnou vazbou. Vazbou měníme šířku zesilovaného mf pásma. O jediné změně proti popisu na str. 33 se zmíníme později.

Příjem nemodulované telegrafie a SSB umožní záznejový oscilátor P. Tranzistor T_{10} je zapojen se společnou bází, jež je k zemnicímu spoji vysokofrekvenčně zkratována kondenzátorem C_{31} . Laděný obvod N je stejný s výstupním obvodem mf zesilovače. Při uvádění do chodu nastavíme potřebný stupeň kladné zpětné vazby běžcem potenciometru R_{33} . Jádrem L_8 nastavíme nakonec dobře slyšitelný záznej. Oscilátor se v případě potřeby zapíná přepínačem Pr_2 . Záznej se z vývodu P2 přivádí na vstup L13 mf zesilovače. Vazební kondenzátor C_{18} má takovou kapacitu, aby záznej byl dobře slyšitelný, avšak nepřesýtil tranzistor T_5 .

Na desce mf zesilovače je pomocný obvod samočinného řízení zesílení (AVC). U malých přijímačů se obvykle používá přímo stejnosměrná složka z detekčního obvodu k pohybu pracovního bodu jednoho z vf nebo mf zesilovacích stupňů. K účinné regulaci je však třeba řídit zesílení alespoň u dvou zesilovacích stupňů. Proto v našem zapojení řídí ss složka z vývodu C3 pomocný tranzistor T_{11} . Při slabém signálu tranzistor nevede, na jeho kolektoru je plné napájecí napětí. Oba řízené tranzistory T_{11} , T_4 mají plné předpětí a maximální zisk. Při velkém signálu se tranzistor T_{11} otevírá, jeho kolektorové napětí se zmenšuje. Tím se zmenšuje i proud tranzistorů T_1 a T_4 a zmenšuje se i jejich zesílení. Paralelně

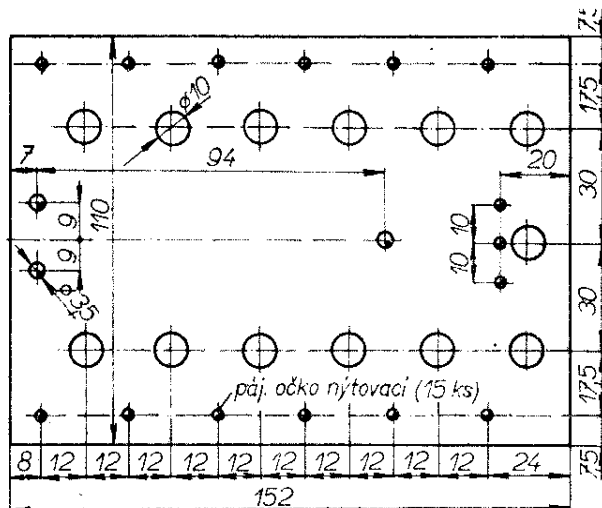




Obr. 86. Sestava cívkové soupravy vlnového přepínače vstupního a oscilačního obvodu (pohled ze strany vstupních cívek)

k pracovnímu odporu R_{18} je připojeno ručkové měřidlo s rozsahem $100 \mu A$. Měřidlo slouží jako indikátor vyladění i ke srovnání síly signálu různých stanic. Odpor R_{19} je třeba vyhledat zkusmo tak, aby nejsilnější místní stanice způsobila téměř plnou výchylku (při zapojení AVC). Poznamenejme-li si výchylky několika silných stanic se stálým vyzářovaným výkonem, poslouží nám později ke kontrole dlouhodobých změn citlivosti přijímače.

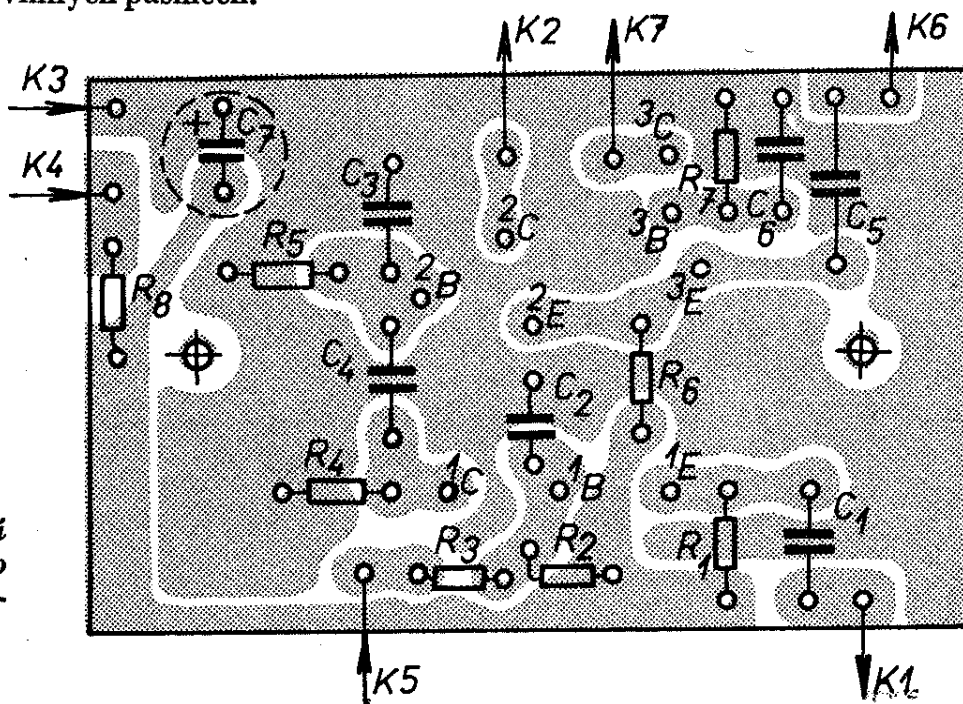
Přeložíme-li přepínač $P\check{r}_1$ do horní polohy, lze řídit vř zisk ručně potenciometrem R_{21} . Tohoto způsobu se používá při poslechu na krátkovlnných pásmech.



Obr. 87. Deska cívkové soupravy J

Cívková souprava 3 na desce J spolu s vlnovým přepínačem a vstupním a oscilačním obvodem K tvoří jeden konstrukční celek (obr. 86).

Desku cívkové soupravy zhotovíme z pertinaxu nebo laminátu tloušťky 1,5 až 2 mm podle obr. 87. Ve dvou rovnoběžných řadách jsou v otvorech zasunuty vstupní a oscilační cívky. Uprostřed za přepínačem je cívka mř odlaďovače L_{odl} . Pájecí očka po obvodu jsou propojena holým pocínovaným drátem o $\varnothing 0,5$ až $0,8$ mm a jsou spojena s rotorem ladícího duálu. Do středních otvorů pájecích oček



Obr. 88. Rozložení součástek vstupního a oscilačního obvodu K (Smaragd D17)

zasahují dolní vývody dvanácti hrníčkových trimrů PN 70301.

Přepínač získáme úpravou šestipolohového vlnového přepínače typu PN 53 318. Na unášecí hřídel nasadíme i čtvrtou destičku, kterou jsme „ušetřili“ při úpravě téhož přepínače pro přímozesilující přijímač (str. 25). Každá z desek má tedy dva segmenty po šesti vývodech. Ty, jež jsou při pohledu zeshora blíže zadní stěně, použijeme k přepínání vstupních cívek ($^1P_{vst}$ až $^3P_{vst}$). Zbývající na vnitřní straně označíme $^1P_{osc}$ až $^3P_{osc}$ a použijeme k přepínání prvků oscilátoru.

Každá z cívek má trvale připojen paralelní trimr $C_{vst p}$, popř. $C_{osc p}$. Je tedy schopna rezonance a může svým sacím účinkem rušit některý z vyšších kmitočtových rozsahů. Vyskytne-li se taková závada, zneškodníme příslušnou cívku zkratováním (kontaktem) pomocných segmentů P_{vst} a $^4P_{osc}$.

Do horního nosného pásu přepínače vyvrtáme ve vzdálenosti 60 mm dva otvory se závitem M3. Do těchto otvorů pak zašroubujeme šrouby M3 \times 10 s distančními trubičkami, kterými je k přepínači připevněna destička vstupního a oscilačního obvodu K. Rozložení součástek a uspořádání plošných spojů je zřejmé z obr. 88.

Skutečný vzhled cívkové soupravy je zřejmý i z obr. 95 (4. str. obálky).

Rozložení součástek mf zesilovače je na obr. 89. Hlavní pozornost zaslouží oba mf filtry, laděné na mf kmitočet 470 kHz.

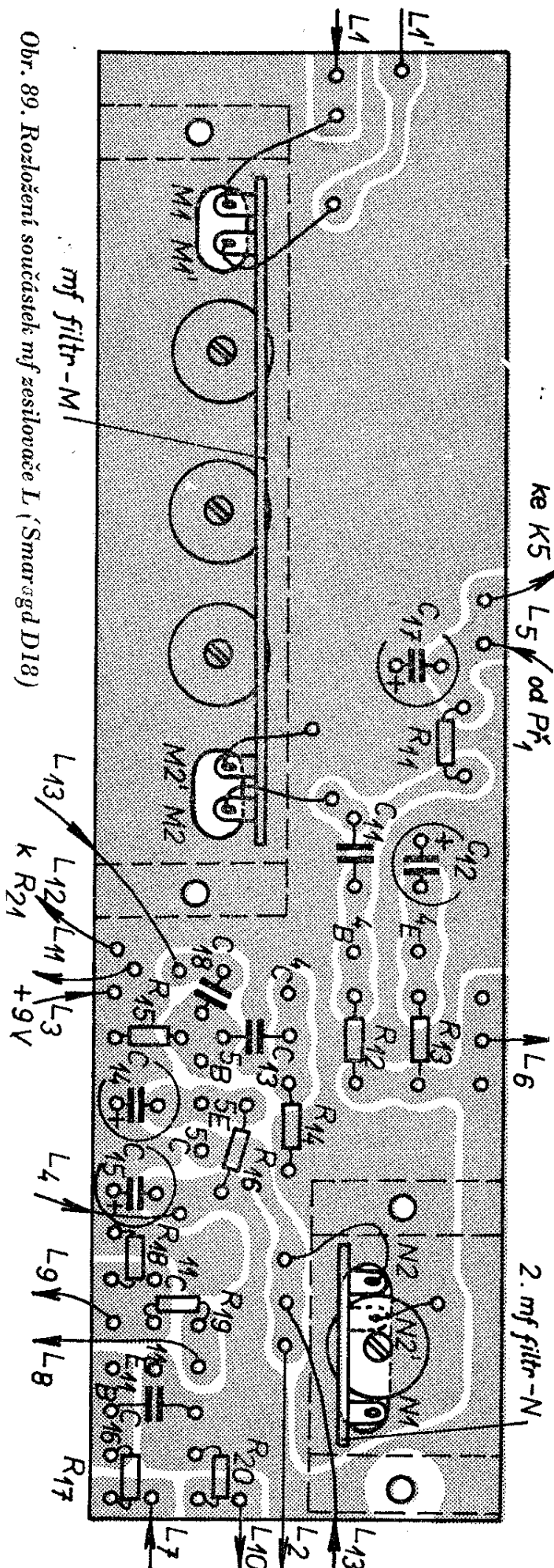
Cívky první mf propustě jsou uvedeny v tab. 10. Jsou vinuty vf lankem na kostříčkách hrníčkových jader o \varnothing 14 mm. Cívky jsou zasazeny do společ-

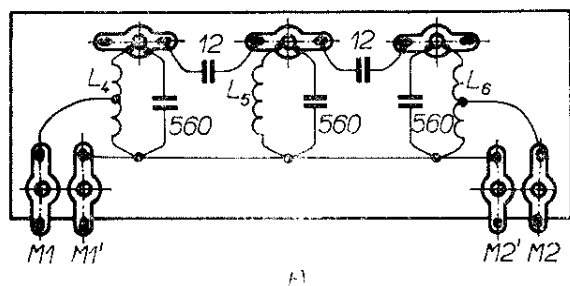
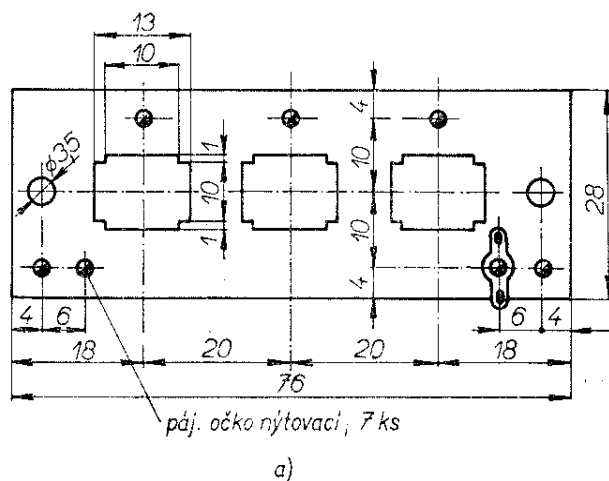
Tab. 10.

Cívka	Jádro	Počet závitů	Odbočka na	Vodič	Indukčnost [μ H]
L_4	hrníčkové	102	51. z	vf lanko	200
L_5	jádro o	102	—	$20 \times 0,05$ mm	200
L_6	\varnothing 14 mm	102	11. z	CuLH	200
L_7		102	34. z		200

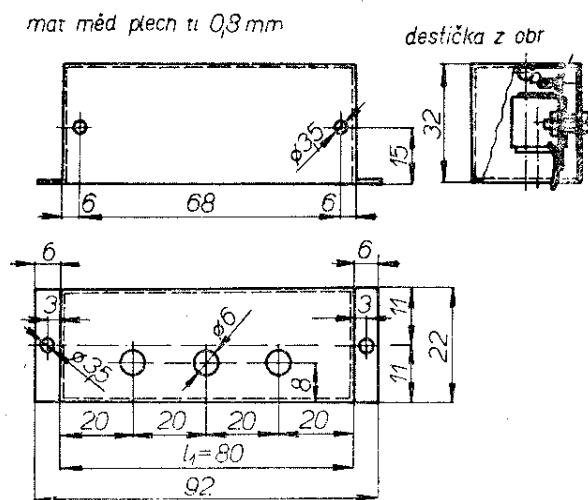
$$50 \cdot \frac{1}{70} R_K$$

Obr. 89. Rozložení součástek mf zesilovače L (Smaragd D18)



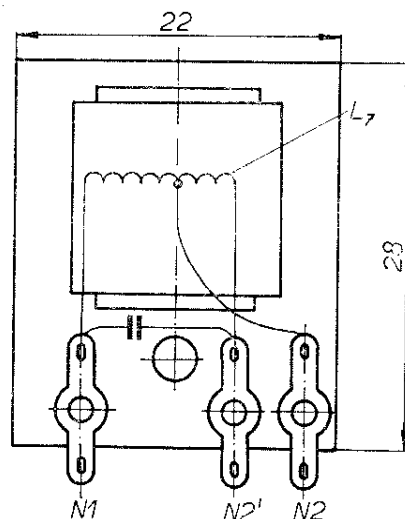


Obr. 90. Nosná destička prvního mf filtru M



Obr. 91. Kryt na filtr M

né nosné pertinaxové destičky na obr. 90 a zakápnuty Epoxy 1200. Propojení cívek i kondenzátorů na pájecí očka je zřejmé z obr. 90b. Celý mf filtr je umístěn v krytu z měděného plechu podle obr. 91. Destička s cívkami je připevněna ke svislé boční stěně dvěma šroubky s distančními vložkami M3 × 10 mm. Otvory v horní stěně dovolují přístup k doladovacím jádrům cívek. Pájecí očka

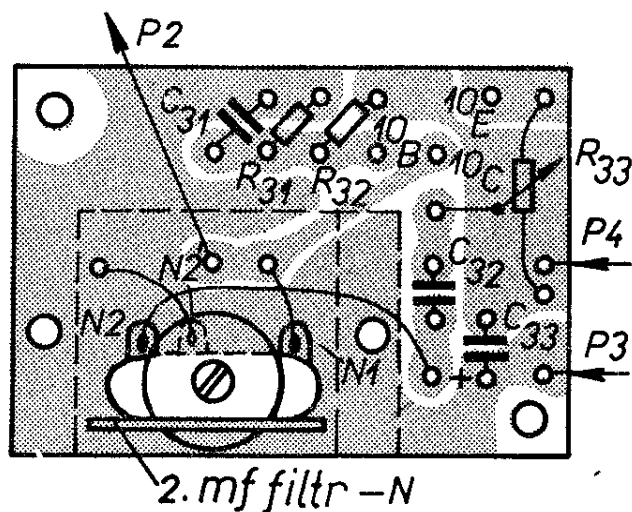


Obr. 92. Nosná destička druhého mf filtru N

M1 až M2' přesahují dolní okraj krytu a procházejí příslušnými otvory v desce s plošnými spoji na obr. 89.

V tab. 10 je popsána i cívka L_7 druhého mf filtru. Uspořádání pertinaxové destičky a vývodů je na obr. 92. Tvar a rozměry měděného stínícího krytu jsou stejné jako na obr. 91 (délka l_1 je však zmenšena na 25 mm). Kromě toho je destička připevněna pouze jedním šroubkem uprostřed dolní hrany. Pro úplnost připomeňme, že potřebujeme tyto filtry dva: jednak pro vlastní mf zesilovač a jednak pro záznežový oscilátor.

Uspořádání záznežového oscilátoru P podle obr. 93 je jednoduché a nepotřebuje snad podrobnějšího výkladu.



Obr. 93. Rozložení součástek záznežového oscilátoru P (Smaragd D19)

Rozložení jednotlivých obvodů na základní kostře je na obr. 94 a celkový pohled je na obr. 95. Jednotlivé desky a jejich obvody jsou propojeny zvonkovým drátem o \varnothing 0,5 mm s různobarevnou izolací. Jen spoje vedoucí k potenciometru na vstupu nf zesilovače vedeme stíněnými dráty. Na první z vodičů v každém směru již předem navlékneme odřezky bužírky o světlosti 4 až 5 mm, kterými pak provlékneme i všechny spoje další. Vzniknou tím úhledné a mechanicky pevné svazky (obr. 95 – 4. s.r. obálky).

Srdcem přijímače je cívková souprava. Funkce a způsob výpočtu jednotlivých součástek vstupního a oscilátorového obvodu byly již uvedeny. Pro jednoduchost byly v obr. 85 nakresleny cívky jediného rozsahu. Stejně však lze každému čtenáři jen doporučit, aby před

zapojením všech rozsahů vyzkoušel alespoň střední vlny. Kromě uspokojení z prvního výsledku lze na silných středovlnných stanicích odzkoušet funkci všech obvodů následujících.

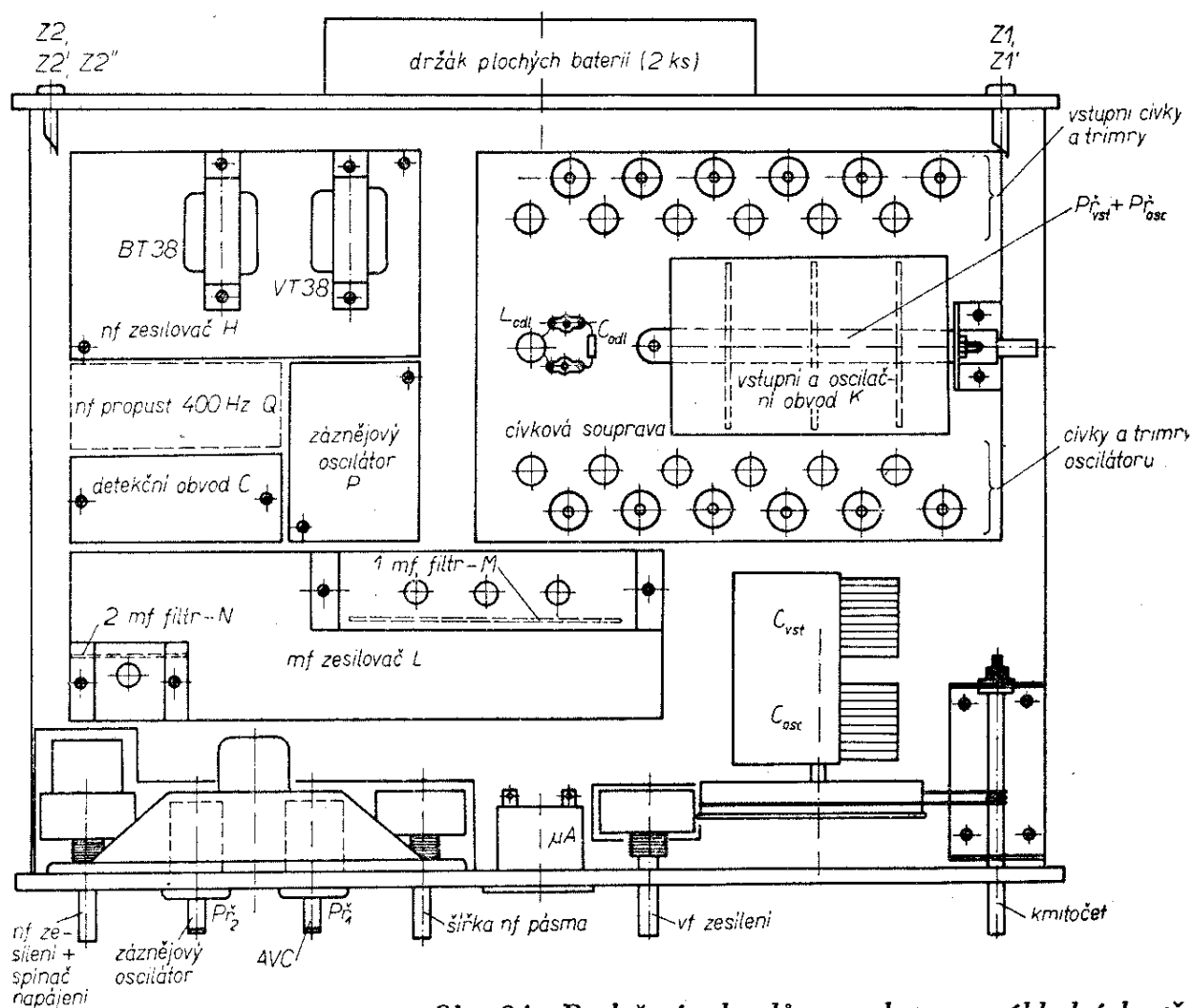
Teprve pak přistoupíme k výrobě cívek dalších rozsahů. Začínáme vždy u rozsahů s nižšími kmitočty. Cívky jsou uvedeny v tab. 11.

Rozsah dlouhých a středních vln využívá plné kapacity ladicího kondenzátoru. Krátkovlnné rozsahy jsou rozestřeny pomocnými kondenzátory 470 pF. Tím se změní

$$C_{vst \min} = C_{osc \min} = 23,8 \text{ pF};$$

$$C_{vst \max} = C_{osc \max} = 230 \text{ pF}.$$

Zapojení cívkové soupravy je na obr. 96. Stejně jako u přímotesilujícího přijímače vyžaduje rozsah 14 MHz indivi-



Obr. 94. Rozložení obvodů superhetu na základní kostře

Tab. 11.

Rozsah	Kmitočet [MHz]			Vstupní obvod						Oscilační obvod						
	min.	stř.	max.	L ₁			L ₂			C _{vst p}	L ₃			C _{osc s} [pF]	C _{vst p}	
				počet závitů	Ø a druh vodiče [mm]	indukčnost [μH]	počet závitů	odb. na	Ø a druh vodiče [mm]		počet závitů	odb. na	Ø a druh vodiče [mm]			
I.	0,15		0,30	50	0,10 CuL	2 010	320	32. z	0,10 CuL	116 pF	132	95	vf lanko 20 × 0,05	353	PN 70 301, 30 pF doladovací	
II.	0,52		1,62	15	vf lanko 20 × 0,05	198	110	15. z	vf lanko 20 × 0,05	PN 70 301, 30 pF doladovací	99,5	80	vf lanko 20 × 0,05	435		
III.	1,48	1,85	3,10	10	vf lanko 20 × 0,05	43,5	55	5. z	vf lanko 20 × 0,05		29,5	45	vf lanko 20 × 0,05	854		
IV.	2,92	3,65	6,11	7	0,3 CuL	11,2	26	4. z	0,5 CuL		9,65	25	1,5. z	0,5 CuL		1 165
V.	5,64	7,05	11,85	3	0,3 CuL	3,0	14	2. z	0,8 CuL		2,5	13	1. z	0,5 CuL		3 270
VI.	11,2	14,0	23,5	—	—	0,76	5	1. z	1 CuL		0,71	5	1. z	0,5 CuL		5 200
Všechny cívky vinuty na válcových jádrech podle obr. 15 a obrázku v tab. 8																
Mf odladovací: C _{odl} = 220 pF, L _{odl} = 580 μH, 180 z, Ø 0,15 mm CuL																

duální přizpůsobení zpětnovazebního vinutí oscilátoru. Rozsahy lze samozřejmě upravit i jinak podle vlastního přání.

Nevýhodou tohoto přijímače je poněkud větší spotřeba. V klidu odebírá proud asi 25 až 30 mA a při plném vybuzení až 60 mA. Je to vcelku pochopitelné vzhledem ke složitosti a počtu použitých tranzistorů. Při napájení ze sítě nebo akumulátoru není ani takový odběr na závadu. Avšak při napájení z plochých baterií je spád napětí na jejím vnitřním odporu tak velký, že je zdrojem nežádoucí vazby mezi nf a mf zesilovačem. Při příjmu silných stanic má přijímač sklon k „motorování“.

Motorování lze zmenšit připojením co největšího blokovacího kondenzátoru (1000 μF) paralelně ke spínači napájení. Kromě toho lze zmenšit možnost vybuzení koncového stupně nf zesilovače H zvětšením odporu v obou emitorech (srovnej hodnotu R_e na obr. 57 a 85). Definitivní způsob napájení si jistě každý konstruktér navrhne podle svých možností a nejčastějšího způsobu provozu.

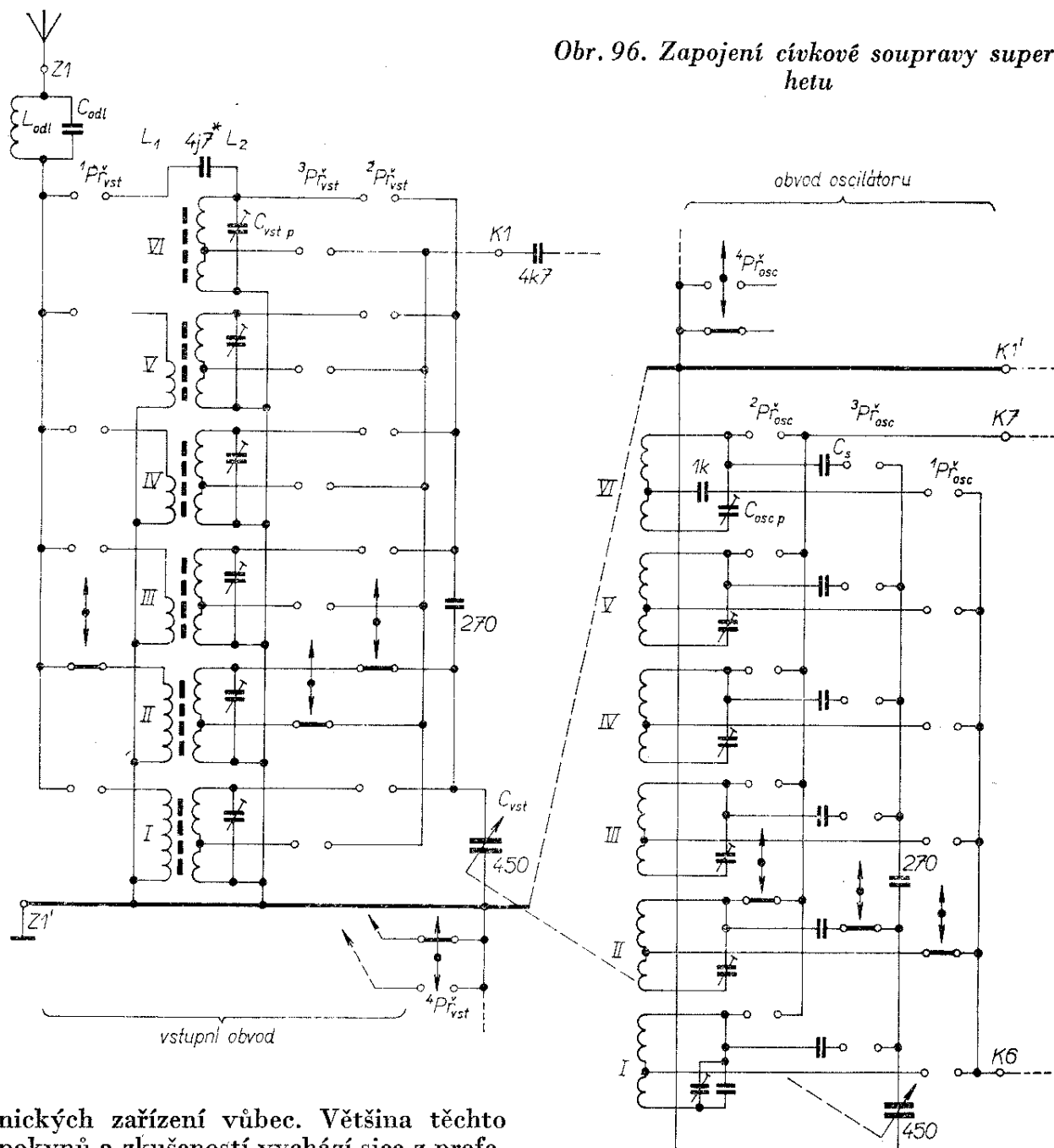
Při uvádění do chodu nejprve zkontrolujeme stejnosměrná napětí podle údajů v obr. 85. Je-li vše v pořádku, přistoupíme ke sladování. Postup při sladování i potřebné pomůcky (signální generátor, ladicí klíče atd.) byly v naší literatuře popsány již mnohokrát.

Poslech telegrafie usnadní nf filtr 400 Hz typu Q podle obr. 97. Zapojuje se mezi body C2, C2' a potenciometr nf zesílení na obr. 85. Selektivní člen je tvořen článkem T, v jehož svislé větvi je zapojen paralelní člen LC_2 . Následující zesilovač kryje jen ztráty selektivního článku, takže celkové napěťové zesílení $A_u \approx 1$ až 2. Cívka L má indukčnost asi 0,15 H. Zhotovíme ji navinutím asi 400 závitů na hrníčkové feritové jádro o Ø 25 mm. Při poslechu fónického provozu je filtr překlenut přepínačem $Př$ v horní poloze.

Konstrukční pokyny

Závěrem zbývá uvést několik praktických pokynů nejen ke konstrukci uvedených zařízení, ale ke konstrukci elektro-

Obr. 96. Zapojení cívkové soupravy super-hetu

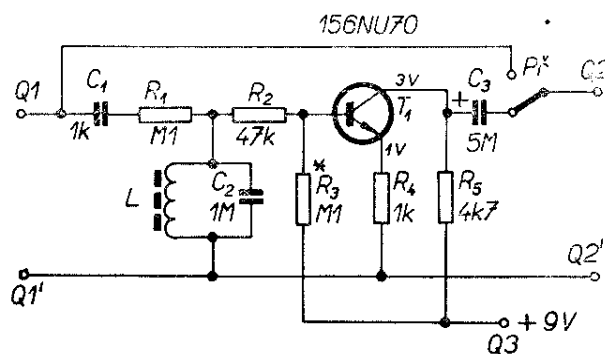


nických zařízení vůbec. Většina těchto pokynů a zkušeností vychází sice z profesionální výroby, vyplatí se však respektovat je i v amatérské praxi. Ušetříme si tak dodatečné potíže a mrzutosti při provozu a případných opravách.

Především je třeba – pokud nejde přímo o zařízení přesně převzaté podle předlohy – sestavit si přehled požadovaných anebo předpokládaných parametrů, tj. základní technické požadavky.

Základní technické požadavky (např. pro přijímač) mohou obsahovat tyto body:

1. *Všeobecný úvod*, v němž je určeno poslání přístroje, způsob a rozsah použití. V našem případě jde o rozhodnutí, zda



Obr. 97. Nf filtr 400 Hz

přijímač je kapesní nebo stolní, zda je určen k poslechu běžných rozhlasových nebo amatérských pásem apod.

2. *Elektrické parametry* představují nejdůležitější údaje o vlastnostech vyvíjeného přístroje. Zde budou uvedeny meze vlnových rozsahů, citlivost, výkon výstupního nf signálu a jeho zkreslení, selektivita, potlačení zrcadlových kmitočtů atd.

3. *Mechanické parametry* určují hlavní zásady mechanické konstrukce. Určují, zda je přístroj vestavěn do dřevěné nebo kovové skříňky, které ovládací prvky jsou na čelním panelu nebo na boční stěně, kde je umístěn reproduktor apod. Přitom je vhodné uvést maximální přípustné rozměry a u mobilních zařízení způsob montáže do vozidla (auta).

4. *Způsob napájení* závisí na celkové koncepci přijímače a je určen převážně způsobem použití (v bytě, v autě, na chatě). U přijímačů napájených z baterií je však velmi důležité správné rozhodnutí o použitém typu baterií. Nejde jen o rozměry (dnes už naštěstí končí éra miniaturních přijímačů), avšak především o ekonomický provoz. U jakostních kabelkových nebo stolních přijímačů všeobecně převládají ploché baterie nebo monočlánky.

5. *Klimatické a mechanické požadavky* závisí na prostředí, v němž se bude přijímač používat. Stačí si uvědomit, že majitel kapesního přijímače „nárokuje“ spolehlivý provoz od zimních -20 do plážových $+40$ °C i více. Ani pád na zem nebývá v životě takového přijímače nic výjimečného. Protože toto hledisko bývá u amatérských přístrojů nedostatečně respektováno, vrátíme se k němu dále podrobněji.

6. *Provozní požadavky* určují, jak bude přístroj využíván a obsluhován. Jedna hlediska se uplatní u přístroje zapojeného nepřetržitě a jiná u provozovaného jen občas. Přijímač se zpětnou vazbou – audion – vyžaduje citlivou obsluhu a hodí se jen pro amatéra. Dnešní člověk spotřebního typu vyžaduje maximum pohodlí, jež mu může poskytnout jen superhet s minimem ovládacích prvků. Dále sem patří i očekávaná spolehlivost (doba mezi dvěma poruchami), způsob údržby a do-

poručený soubor náhradních dílů a součástek (včetně baterií).

Při volbě jednotlivých parametrů uvážíme několik hledisek. Z hlediska jakosti je přirozená touha přiblížit se špičkovým profesionálním výrobkům. Je však třeba uvážít i omezující vlivy (např. vybavení domácí dílny, soubor součástek, jež jsou k dispozici a v neposlední řadě i vlastní zkušenost a obratnost). Při běžném vybavení domácí dílny je nesnadné a snad i nemožné dosáhnout nebo dokonce předstihnout špičkové tovární výrobky. Je třeba tuto skutečnost uznat a vycházet z ní při návrhu technických požadavků. V praxi se lépe osvědčí přijímač stálý, spolehlivý, byť i horších parametrů než vysoce citlivý, selektivní, avšak choulositivý, nestálý a poruchový.

Prvním krokem při realizaci je navržení schématu. Přitom zpravidla vycházíme z literatury a vlastní zkušenosti, doplněné a upravené podle konkrétních představ a požadavků. Již v této etapě je vhodné mít alespoň hrubou představu o konstrukční úpravě, zvláště rozmístění jednotlivých dílů. Pak již můžeme započít s vlastní vývojovou konstrukční prací.

V laboratořích se zpravidla začíná od nejnáročnějšího a nejsložitějšího dílu. To ovšem předpokládá mít k dispozici měřicí přístroje alespoň o řád lepší než jsou požadované parametry tohoto dílu. V amatérské praxi proto postupujeme tak, abychom hotovým dílem mohli kontrolovat díly následující i celek vzniklý jejich spojením. Tak např. funkci nf zesilovače ověříme přenoskou a reproduktorem. Tímto zesilovačem pak ověříme funkci detekčního dílu, dále mf zesilovač atd. Teprve po ověření přijímače jako celku „převědeme“ jednotlivé obvody na plošné spoje a spojíme v definitivním mechanickém uspořádání. Je samozřejmé, že se po definitivním sestavení mohou objevit různé závady, omyly v plošných spoích, parazitní vazby apod. Nezbývá než trpělivě, krok za krokem je odhalovat a zneškodňovat. Takový samostatný postup, navrhování obvodů a nakonec i hledání chyb považuje autor za hlavní tvůrčí přínos, který amatérská praxe zájemci poskytuje. Stavba podle návodu, spočívající v pájení součástek do zakoupených

desek s plošnými spoji je sice snadnější a pohodlnější, avšak omezuje prostor amatérské činnosti.

Všimněme si některých postupů a pomůcek k usnadnění práce a ke zlepšení jakosti.

O své práci a výsledcích pokusů vedeme pečlivé záznamy. Autorovi se nejlépe osvědčily linkované sešity formátu A4 s výpočty a schémata obvodů, výsledky měření a provozních zkoušek. Zvláště důležité je zaznamenat definitivní stav obvodu nebo celého zařízení, popř. všechny jeho pozdější úpravy. Do schématu nepomeneme vepsat stejnosměrné proudy a napětí i údaje střídavého signálu. Takové informace usnadní i po mnoha letech opravu nebo zdokonalení přijímače, jehož

schéma se nám již dávno vytratilo z paměti.

Snad nejdůležitější a nejopomíjenější podmínkou je skutečnost, že konstruované zařízení bude za provozu vystaveno různým klimatickým vlivům. Často se pak stává, že přijímač dobře fungující v pokojové teplotě (20 až 25 °C) v terénu selže nebo se poškodí.

U profesionálních elektrických zařízení bývají definovány dvojí klimatické podmínky

a) *provozní*, za nichž splňuje zařízení technické požadavky,

b) *havarijní*, kdy některý z parametrů může vybočit z předepsaných mezí, avšak zařízení stále jako celek funguje.

Tab. 12.

Zkouška	Symbol	Zkouška	Symbol
klimatická			
mráz	PA, SA	stékající voda	PQ
suché teplo	PB, SB	děšť	PU
dlouhodobé teplo a vlhko	SD	korozí ve slané mlze	SK
střídání mezních teplot	PN, SN	mlha	PO
plísň	PJ, SJ	sluneční záření	PS, SS
nízký tlak vzduchu	PM, SM	skladování	PH, SH
ponoření do vody	SP	průmyslová ovzduší	SV
mechanická			
pády	PE, SE	chvění	PG
pády v obalu	PX		PF, SF
otřesy při dopravě	PY	trvalé zrychlení	PW
		prach	PL, SL
Poznámky: první písmeno: určení zkoušky, P pro přístroje a zařízení S pro součástky druhé písmeno: druh zkoušky následující číslice: stupeň přesnosti od 1 (nejpřísnější) do 8; 9 speciální			

Skutečné klimatické přírodní vlivy jsou těžko napodobitelné. Nahrazují se proto jednotlivými zkouškami ve speciálních komorách, při nichž se mění teplota, vlhkost, tlak vzduchu nebo prašnost. Aby byly výsledky, měření na různých pracovištích srovnatelné, byly postupy zkoušek mezinárodně dohodnuty. Z různých zkoušek, jež jsou přehledně uspořádány v tab. 12, jsou pro nás nejdůležitější změny teploty a vlhkosti.

Stupeň odolnosti součástek se podle ČSN 34 8031 označoval asi do roku 1962 třímístným číslem, z něhož každá číslice vyjadřuje stupeň přísnosti základní zkoušky.

První číslice vyjadřuje nejnižší provozní teplotu součástky a podle velikosti této teploty současně odolnost proti nízkému tlaku vzduchu a chvění. Druhá číslice vyjadřuje nejvyšší provozní teplotu součástky. Určuje se podle podmínek provozu daného zařízení jako součet teploty okolí a oteplení v přístroji. Konečně třetí číslice vyjadřuje odolnost proti vlhkosti a podle této odolnosti popř. i odolnost proti plísni a slané mlze.

Tak např. v katalogu součástek Tesla Lanškroun z r. 1959 je miniaturní elektrolytický kondenzátor TC 902 zařazen do kategorie 765. Znamená to tedy, že snese provozní teploty od -10 do $+70$ °C a pokud jde o vlhkost, odpovídá tropickým podmínkám.

Asi od roku 1962 se stupeň odolnosti součástek označuje třemi skupinami čísel, oddělenými šikmou lomící čarou.

První skupinu tvoří dvě číslice, vyjadřující nejnižší provozní teplotu (tab. 13). Druhou skupinu tvoří tři číslice, vyjadřující nejvyšší provozní teplotu. Třetí skupinu tvoří dvě číslice, udávající odolnost proti vlhkosti, vyjádřenou trváním dlouhodobé zkoušky vlhkým teplem.

Pro nové miniaturní elektrolytické kondenzátory TC 962 z r. 1964 udává Tesla Lanškroun odolnost skupinou číslic 10/070/21. Znamená to, že provozní teplota je od -10 do $+70$ °C a zkouška vlhkým teplem trvá 21 dnů.

Zkoušky musí odpovídat normě ČSN 34 5681. Zpravidla se zkouší dvě skupiny součástek, tzv. výběry. První z nich se podrobí zkouškám suchým teplem a mra-

Tab. 13.

První skupina	Min. provoz. teplota [°C]	Zkouška podle ČSN 34 5681		
65	−65	SA3	Součástka je při zkoušce podrobena mrazu o hodnotě nejnižší provozní teploty po dobu 2 hodin	
55	−55	SA4		
40	−40	SA5		
25	−25	SA6		
10	−10	SA7		
Druhá skupina	Max. provoz. teplota [°C]			
155	155	SB2	Součástka je při zkoušce podrobena suchému teplu o hodnotě nejvyšší provozní teploty po dobu 16 hodin	
125	125	SB3		
100	100	SB4		
085	85	SB5		
070	70	SB6		
055	55	SB7		
040	40	SB8		
Třetí skupina	Trvání zkoušky [dnů]	Doporučená zrychlená zkouška		
56	56	SC4	Součástka je v prostředí o teplotě vzduchu 40 °C a rel. vlhkosti 90 až 95 %.	SD4
21	21	SC5		SD5
10	10	SC8		SD5
04	4	SC6		SD6
94 ¹⁾	4	SC7		—
¹⁾ Je-li na prvním místě číslice devět, znamená to, že je zkouška zmírněna dodatečným sušením, zde po dobu 6 hodin.				

zem, doplněným doporučenou zrychlenou zkouškou vlhkosti. Zařadí se sem i další klimatické zkoušky, jsou-li požadovány nebo předepsány. Zkouška dlouhodobé vlhkosti SC se vždy provádí na samostatném, druhém výběru.

Všimněme si nyní provozních podmínek kladených na celé zařízení. Amatérské přístroje by měly dodržet požadované parametry v rozmezí nejméně od 10 do 30 °C. To jsou teploty běžné v bytech. V rozsahu teplot -10 až $+45$ °C (nej-

méně) by však přístroj (přijímač) měl spolehlivě fungovat a žádná ze součástí by neměla překročit některý ze svých mezích parametrů.

Stálosti parametrů v rozsahu provozních teplot dosáhneme stabilizací pracovních bodů polovodičů, zavedením záporné zpětné vazby v nf zesilovačích, rezervou rozkmitu ve výkonových stupních, kompenzací teplotních součinitelů prvků laděných obvodů apod.

Všechny součástky volíme tak, aby odpovídaly rozsahu havarijních teplot. Z hlediska vyšší teploty budou kritické pracovní podmínky tranzistorů, především ve výkonových stupních. Naopak při nižších teplotách se zvětšuje sériový ztrátový odpor miniaturních hliníkových elektrolytických kondenzátorů; pokud se používají k blokování emitorových odporů, pak pod bodem mrazu se jejich účinek zmenšuje a pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se nemají používat vůbec. Jejich použití za těchto podmínek způsobuje změny zesílení, kmitočtové charakteristiky i stability. Podobně styroflexové kondenzátory mají rozsah provozních teplot od -10 do $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Uvážíme-li těchto několik málo skutečností vybraných namátkou, zjistíme, že zodpovědný návrh např. anténního předzesilovače umístěného přímo na stožáru nebo na střeše je věc obtížná a vyžaduje velmi pečlivý výběr součástek.

V našem mírném klimatickém pásu není otázka vlhkosti ovzduší kritická. V obvyklém rozmezí 30 až 70 % nijak neohrozí funkci ani parametry zařízení. Přesto je však vhodné respektovat alespoň základní zkušenosti; vyplatí se nám to, vezmeme-li přijímač s sebou na hory nebo k moři. Vlhkost napadá zvláště cívky a zmenšuje jejich činitel jakosti. Proto je výhodné prosytit vinutí včelím voskem (v nouzi parafínem), nahříváním opatrně pájkou. U síťových přijímačů dbáme na impregnaci síťového transformátoru, vedeme spoje pod napětím v dostatečné vzdálenosti od sebe apod. Je až neuvěřitelné, jak snadno vnikne vlhkost např. i do sklolaminátové desky její řezanou hranou!

Během použití jsou přístroje namáhány i mechanicky. Podle povahy můžeme dělit mechanické namáhání na statické a dy-

namické. Statické vznikne např. při sestavení měřicího pracoviště, kdy jeden přístroj nese váhu několika dalších přístrojů, jež jsou na něm navrženy. Tento požadavek snadno vyřeší dostatečně dimenzovaná skříň, popř. zpevněná vnitřními příhradami.

Horší jsou však dynamická namáhání, nejružnější nárazy, pády, chvění atd., vznikající především při přenášení a převážení. K jejich důsledkům (kromě odřené nebo deformované skříně) patří uvolněné šrouby a matky, „uklepané“ dráty a utržené součástky.

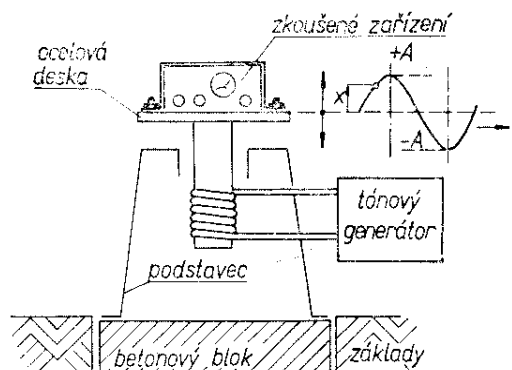
Také zde lze při vývoji nahradit nedefinovatelné otřesy normalizovanými zkouškami, nejčastěji chvěním a pády.

Zkouška chvěním se provádí na stroji, jehož princip je na obr. 98. V podstatě jde o dynamický reproduktor zabudovaný v mohutném podstavci a betonovém bloku, odděleném od základů stavby. Kmitající cívka je buzena tónovým generátorem s výstupním výkonem řádu kW a pohybuje ocelovou deskou, k níž je připevněn zkoušený předmět. Ve svislém směru se tedy pohybuje harmonickým sinusovým pohybem, takže jeho okamžitá poloha $x = A \sin \omega t$ a rychlost $v = \omega A \cos \omega t$.

Síla F , jež působí na zkoušený předmět (popř. některou jeho součástku), je tedy dána součinem jeho hmoty m a zrychlení a

$$F = ma = m \frac{dv}{dt} = m \omega^2 A \sin \omega t$$

a je maximální ($F_{\max} = m \omega^2 A$) v obou vrcholech ($\omega t = \pi, 2\pi, \dots$), kdy se mění



Obr. 98. Zařízení pro zkoušku chvěním

směr pohybu. Pro větší názornost bývá zvykem udávat ji v násobcích zemského zrychlení g ($= 9,8 \text{ m/s}^2$). Protože pro těleso o téže hmotě m musí platit

$$nmg = m\omega^2 A$$

vypočteme násobek

$$n = \frac{\omega^2 A}{g} \quad [—; \text{rads}/, \text{m}, \text{m/s}^2].$$

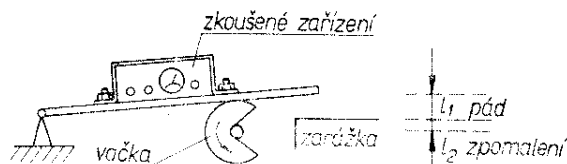
Tak např. při zkoušce chvěním byl nastaven kmitočet $f = 30 \text{ Hz}$ ($\omega = 2\pi f = 6,28 \cdot 30 = 188,2 \text{ rad/s}$) a amplituda zdvihu $A = 3 \text{ mm} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. Dosazením do vztahu pro n vypočteme, že

$$n = \frac{(188,2 \text{ rad/s})^2 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2} \doteq 11,$$

tj., že každá součástka ve vrcholech pohybu nabývá jakoby jedenáctinásobku své váhy. Miniaturní transformátor o váze 50 g bude tedy při popsané zkoušce namáhat své příchytky silou 550 g , tj. více než $0,5 \text{ kg}$.

Zkouška pády se provádí na zařízení, jehož princip je na obr. 99. K desce je připevněn zkoušený předmět. Otáčející se vačka zvedá desku, jež se do původní polohy vrací volným pádem, brzděným výměnnou zarážkou. Podle pružnosti této zarážky (ocel, olovo, korek, ...) se mění délka dráhy, podél níž se brzdí pohyb dopadající desky. Je-li zarážka měkká, je brzděná dráha dlouhá, zpoždění malé, mechanické namáhání nevelké a naopak. Podle obr. 99 platí pro padající a brzděnou desku (popř. součástku) o hmotě m vztahy

Veličina	Volný pád	Brzdění na zarážce
Zrychlení	$a_1 = g$	a_2
Rychlost	$v_1 = gt_1$	$v_2 = a_2 t_2$
Dráha	$l_1 = \frac{gt_1^2}{2}$	$l_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$
Energie	$W_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = mgl_1$	$W_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = ma_2 l_2$



Obr. 99. Zařízení pro zkoušku pády

Z rovnosti obou energií $W_1 = W_2$ vypočteme, že výsledné zpoždění (tj. záporné zrychlení) $a_2 = g (l_1/l_2)$ je úměrné poměru dráhy pádu a zabrzdění. Tak např. pro výšku pádu $l_1 = 10 \text{ mm}$ a dráhu zabrzdění $l_2 = 0,1 \text{ mm}$ je zkoušené zařízení namáháno $l_1/l_2 = \text{stonásobkem}$ zrychlení g . Praktické důsledky jsou tytéž jako v dříve popsané zkoušce chvěním.

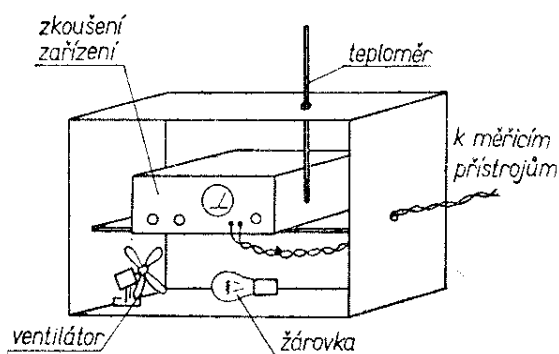
Pro běžná telekomunikační zařízení se obvykle požaduje odolnost proti chvění 2 až 5 g po dobu několika desítek minut a proti pádům 10 až 20 g , opakovaným několikrát po sobě. Obě zkoušky se opakují s předmětem připevněným ve třech navzájem kolmých polohách.

Drobné součástky (polovodičové diody, tranzistory) se někdy zkoušejí volným pádem z výše asi 1 m na dřevěnou podložku. Podobně se zkoušejí i kompletní přístroje ovšem v důkladném transportním obalu.

Z dosavadního výkladu je zřejmé, jak náročným zkouškám jsou podrobována elektronická zařízení, má-li být dosaženo potřebné klimatické a mechanické odolnosti. Je samozřejmé, že zavedení obdobných zkoušek může jen zvýšit jakost amatérsky konstruovaných zařízení. Je však možné tyto zkoušky běžně dosažitelnými prostředky napodobit?

Je to možné, i když v poněkud omezeném rozsahu. Ten je dán dosažitelnými měřicími přístroji. Máme-li spolehlivý signální generátor a nf elektronický voltmetr, lze měřit závislost citlivosti i selektivity tak, jak bylo dříve popsáno. Máme-li jen nf voltmetr, poslouží nám jako zdroj signálu během zkoušky některý ze silnějších vysílačů. V nouzi alespoň ověříme, v jakém rozsahu teplot je náš přijímač schopen provozu.

Ke zkouškám při vyšších teplotách se hodí dřevěná nebo lepenková krabice o objemu alespoň desetkrát větším, než je



Obr. 100. Improvizovaný termostat pro zkoušky za zvýšené teploty (bez přední stěny)

zkoušené zařízení. Podle obr. 100 je u dna opatřena objímkou. Do té postupně zašroubujeme žárovky 15; 25, ... W a asi po 10 minutách zasunutým teploměrem sledujeme teplotu, kterou vyvolají nad přepážkou. O rovnoměrné rozdělení teploty v celém prostoru se nejlépe postará malý ventilátorek (stačí bateriový výrobek Igra). Pak v tomto improvizovaném termostatu zašroubujeme žárovku odpovídající zvolené zkušební teplotě a na přepážku položíme zkoušený přijímač. Vývody obvodů jejichž funkci chceme sledovat jsou zavedeny utěsněným otvorem k vnějším měřicím přístrojům. Aby se teplota v termostatu i přijímači ustálila, je třeba vyčkat s měřením alespoň hodinu po ustálení údaje teploměru.

Obdobným způsobem lze využít domácí chladničky ke zkouškám vlastností přijímače při teplotách kolem bodu mrazu.

Teplotní zkoušky, byť i improvizované, odhalí včas všechny součástky nebo obvody pracující na mezích svých možností.

Při teplotních zkouškách (nebo ještě lépe současně s nimi) zjistíme vliv kolísání napájecího napětí a celkový rozsah napětí, v němž přijímač správně pracuje.

A jak je možné zajistit potřebnou mechanickou odolnost? Především již při samotné konstrukci musíme připevňovat součástky s ohledem na jejich (zdánlivé) zvýšení váhy při mechanickém namáhání. Vývody odporů (zvláště se ztrátou nad 1/2 W) zkracujeme asi na 15 mm. Totéž platí pro kondenzátory; větší svitky navíc připevníme k desce s plošnými spoji nebo

ke kostře motouzem nebo kovovým páskem. Přepásání se osvědčí i u transformátorů a tlumivek. Vodiče svazujeme do svazků (forem), abychom zamezili jejich ulomení nebo zlomení. Zvláště choulostivé jsou kablíky a lanka v místě, kam kapilaritou od pájeného konce pronikl cín a kalafuna. Šroubky a matky zakápneme acetonovým nebo uponovým lakem.

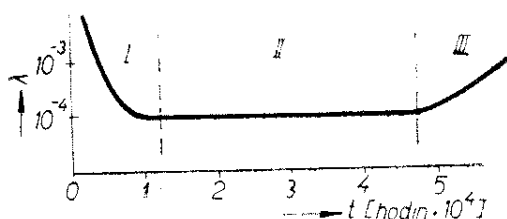
Zbývá přesvědčit se o odolnosti vyrobeného přístroje. S výhodou využijeme doporučení výše zmíněné normy, jež připouští v nouzi tzv. transportní zkoušku. Spočívá v převozu hotového zařízení na korbě nákladního vozu na vzdálenost několika set km. Podobný způsob zkoušky mechanické odolnosti se autorovi velmi dobře osvědčil a proto jej čtenářům doporučuje. Postačí přístroj vložit do lepenkové krabice, aby byl chráněn proti hrubým nárazům a nečistotě a týden či dva jej vozit v kufru svého auta nebo auta bližního svého. Tímto způsobem se podaří již v samém počátku zjistit většinu mechanických nedostatků.

Asi před 15 lety procházela elektronika vážnou krizí. Byla vyvolána rozporem mezi potřebou konstruovat velmi složité systémy a spolehlivostí součástek, jež byly k dispozici. Intenzivní úsilí předních laboratorů celého světa však brzy přineslo dobré výsledky – ty umožňují udržet ve spolehlivém provozu světové telekomunikační sítě i elektronické vybavení meziplanetárních raket.

Zdálo by se, že amatérský přijímač nebo jiné zařízení je příliš úzkým polem, než by stálo za to uplatňovat na něm teorii spolehlivosti. Ukažme si však, že i zde je možné respektováním několika málo pravidel podstatně prodloužit bezporuchový provoz.

Spolehlivostí určitého zařízení rozumíme pravděpodobnost, že zařízení bude plnit funkci v rozsahu dohodnutých podmínek. Může tím být úplné přerušení funkce, avšak i pouhé překročení přípustných mezí některého z parametrů.

Spolehlivostí součástky je pravděpodobnost, že bude pracovat po určitou dobu. Udává se zpravidla tzv. intenzitou poruch λ , tj. poměrem počtu součástek, které jsou vyřazeny z provozu v daném časovém údobí k počtu součástek ještě



Obr. 101. Časový průběh intenzity poruch

fungujících. Intenzita poruch λ během života součástky není konstantní. Podle obr. 101 se v období I projevují závady, způsobené nedbalou výrobou a technologickými vadami. Po vyřazení takových součástek s „vrozenými“ vadami teprve nastává období II, v němž má součástka ustálené parametry a její závady se vyskytují zcela náhodně. V období III poruchovost opět stoupá vlivem opotřebení a únavy materiálu.

Uvedme si příklad zkoušky $n_p = 1\,000$ tranzistorů. Po uplynutí $t = 1\,000$ hodin se tři z nich ($n_{vad} = 3$) projevily jako vadné. Podle výše zmíněné definice je intenzita poruch těchto tranzistorů

$$\lambda = \frac{n_{vad}}{(n_p - n_{vad}) t} = \frac{3}{(1\,000 - 3) \cdot 1\,000 \text{ hod.}} \doteq 3 \cdot 10^{-6} \text{ ks/hod}$$

neboli $= 0,3 \text{ ‰}$ za 1 000 hodin.

Převrácená hodnota intenzity poruch udává tzv. *střední dobu života* T_s , tj. pravděpodobnou střední dobu bezporuchového provozu každé z těchto součástek

$$T_s = \frac{1}{\lambda}.$$

Pro náš příklad vypočteme $T_s = 1/(3 \cdot 10^{-6} \text{ ks/hod}) = 330\,000 \text{ hod ks}$.

Za předpokladu nejhorších podmínek, tj. že porucha kterékoli součástky znamená poruchu celého přijímače, bude intenzita poruch přijímače dána

$$\lambda_{celk} = n_1 \lambda_1 + n_2 \lambda_2 + \dots + n_n \lambda_n$$

kde n_1, n_2, \dots jsou počty součástek určitého druhu,

$\lambda_1, \lambda_2, \dots$ intenzity poruch těchto součástek.

Může konstruktér ovlivnit nějakým způsobem intenzitu poruch? Nebo je zcela odkázán na serióznost výrobce?

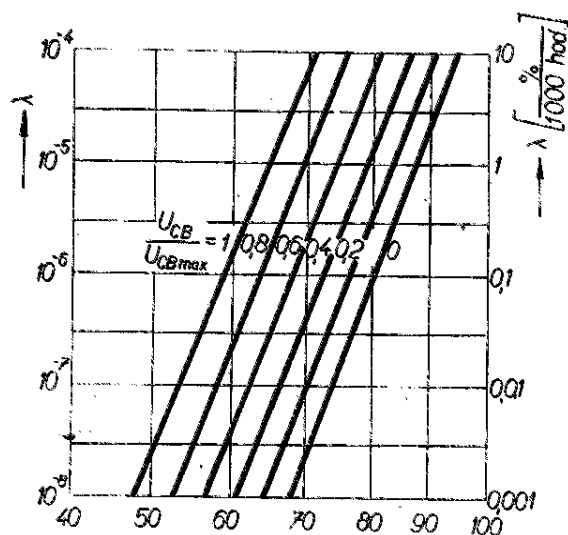
Otázku můžeme rozdělit do tří dílčích problémů:

a) Snažíme se vyloučit vliv značných intenzit poruch v prvním období života součástek. Jsem-li konstruktér, nechám vyrobený přístroj 2 až 4 týdny pracovat („zahořet“), než jej předám do skutečného provozu. V tomto období se projeví nejen vady součástek, ale také „mé“ studené spoje, nedbale napnuté lanko stupnice atp. Období lze zkrátit tzv. cyklováním, tj. opakovaným ohřátím a ochlazením. I v domácích možnostech se osvědčí asi pětinasobné ohřátí v dříve popsaném termostatu na 50 až 60°C a ochlazení v chladničce na bod mrazu. Jeden cyklus trvá 24 hodin, tj. přes den přístroj ohříváme a přes noc chladíme.

Jsem-li spotřebitel, pak zakoupený přístroj nešetřím. Intenzivní provoz od samého počátku vede k odhalení všech výrobních závad a jejich odstranění v záruční lhůtě.

b) Používáme součástky osvědčených výrobců. Vyhneme se součástkám neznámého původu, poškozeným, již použitým apod. Za předem podezřelé nutno považovat potenciometry a přepínače. Užíváme je v nejmenším možném počtu. Výslovně podotýkám, že spolehlivost součástek n. p. Tesla snese srovnání s dobrou světovou úrovní. Zavedení křemíkových planárních tranzistorů znamená posunutí střední doby života do oblasti 10^7 až 10^8 hodin (tj. 1 000 až 10 000 let).

c) Součástky využíváme s dostatečnou rezervou proti mezním údajům výrobce. Vhodnou volbou pracovních podmínek lze zmenšit intenzitu poruch i o několik řádů. U odporů, tranzistorů a vůbec všech součástek, jež za provozu vyvíjejí teplo, je důležitá jejich teplota. Proto odpory zatěžujeme jen 10 až 20 % jejich jmenovitého zatížení. Podobně dbáme, aby vnitřní teplota ani při nejvyšší teplotě okolí a maximálním napájecím napětí nepřestoupila 55 až 60°C u germaniových a 90 až 100°C u křemíkových tranzistorů. Kondenzátory volíme tak, aby celkové špičkové napětí (tj. součet maximální střídavé a stejnosměrné složky) nepřesahovalo



Obr. 102. Závislost intenzity poruch germaniových tranzistorů na ztrátě a napětí kolektoru

25 až 50 % jmenovitého napětí udaného výrobcem. Tyto závislosti pro germaniové tranzistory jsou v obr. 102.

Naopak není běžně známo, že některé z kondenzátorů mají také dolní mez použitelného napětí. Jsou to ony typy, jejichž vývody nejsou k polepům přivařeny nebo připájeny a průchodu slabých signálů brání oxidační vrstva, jež se na vývodech může časem vytvořit. Tak např. starší papírové svitky jsou použitelné pro napětí od 2 V výše. Také oblíbené kondenzátory MP mají být používány pro napětí od 0,1 až 0,2 V výše. Proto v obvodech se slabým signálem, jenž není podložen dostatečnou ss složkou, volíme typy po nahlédnutí do příslušného katalogu. .

Pokusme se např. odhadnout intenzitu poruch našeho komunikačního přijímače. Počty součástek známe, zjistíme je ze schématu. Intenzitu poruch pro jednotlivé druhy součástek bychom měli znát od výrobce – pokud ovšem dodržíme provozní podmínky, pro které byla zjištěna. Častěji jsme však odkázáni na vlastní zkušenost. Vedeme-li záznamy o své práci, není to nic těžkého. Předpokládejme např. že v okruhu naší pracovní činnosti je v pokusných přístrojích a rozhlasovém a televizním přijímači asi 500 odporů. Jestliže za poslední rok ($t = 8\,800$ hodin) jsme dva vadné vyměnili, pak

$$\lambda_{\text{odporů}} = \frac{2}{(500 - 2) \cdot 8\,800} \doteq 0,5 \cdot 10^{-6}.$$

Podobně podaří-li se nám do roka asi z 1 000 pájených míst „vyrobit“ jeden studený spoj, mají „naše“ pájené body intenzitu poruch

$$\lambda_{\text{páj. bodů}} = \frac{1}{(1\,000 - 1) \cdot 8\,800} \doteq 10^{-7} \text{ atd.}$$

Sestavíme-li takto zhruba odhadnuté hodnoty do tab. 14, zjistíme součtem pravého sloupce celkovou intenzitu poruch $\lambda_{\text{přijímače}} \doteq 209,10^{-6}$. Střední doba mezi dvěma poruchami T_s přijímače $\doteq 5\,000$ hodin, tj. asi 7 měsíců. Nepočítáme však počáteční období zahořování a zkoušek.

Autor je přesvědčen, že respektování výše uvedených zásad konstrukce a zkoušení elektronických zařízení by neobyčejně prospělo i radioamatérským výrobkům. Zmizely by zejména stesky na nefungující zařízení, používané v terénu např. při Polním dnu.

Tab. 14.

Součástka	Intenzita poruch λ_i	Počet součástek v přijímači n_i	Intenzita poruch všech součástek téhož druhu $\lambda_i n_i$
odpor	$5 \cdot 10^{-7}$	45	$22,50 \cdot 10^{-6}$
kondenzátor pevný	10^{-7}	35	$3,50 \cdot 10^{-6}$
kondenzátor otočný	10^{-8}	1	$0,01 \cdot 10^{-6}$
cívky	10^{-7}	13	$1,30 \cdot 10^{-6}$
nf transformátor	10^{-8}	2	$0,02 \cdot 10^{-6}$
mf transformátor	$5 \cdot 10^{-7}$	5	$2,50 \cdot 10^{-6}$
přepínač	10^{-6}	1	$1,00 \cdot 10^{-6}$
spínač	10^{-6}	2	$2,00 \cdot 10^{-6}$
potenciometr	$3 \cdot 10^{-5}$	4	$120,00 \cdot 10^{-6}$
tranzistor	$5 \cdot 10^{-7}$	12	$6,00 \cdot 10^{-6}$
dioda	10^{-7}	2	$0,20 \cdot 10^{-6}$
pájený bod	10^{-7}	500	$50,00 \cdot 10^{-6}$
reproduktor	10^{-8}	1	$0,01 \cdot 10^{-6}$
Intenzita poruch λ přijímače $= 209,04 \cdot 10^{-6}$			

Literatura

- [1] Československý Radiosvět. Praha: roč. 1929, str. 164 až 165, roč. 1930, str. 175 až 176, str. 195 až 198.
- [2] Ročenka sdělovací techniky. Praha: SNTL 1970.
- [3] ČSN 34 5352: Základní rozdělení kmitočtových pásem. Praha: VÚN 1962.
- [4] Sieber, B.; Drábek, J.: Navrhování obvodů tranzistorových přijímačů. Praha: SNTL 1967.
- [5] Ročenka sdělovací techniky. Praha: SNTL 1967.
- [6] Čermák, J.; Navrátil, J.: Tranzistorová technika. Praha: SNTL 1967.
- [7] BFO for SW Receivers. Popular Electronics (1967), June, str. 69 a 70.
- [8] Tranzistorised BFO. Popular Electronics (1967), prosinec, str. 71.
- [9] Smith, H. B.: Build The Camper's Cuzzin. Popular Electronics (1967), March, str. 55 až 58.
- [10] Televizní anténní předzesilovače. AR (1969), č. 4, str. 144 a 145.
- [11] Čermák, J.: Měřicí přístroje s tranzistory. Radiový konstruktér (1968), č. 2.
- [12] Stavebnice vzduchového otočného kondenzátoru (odbočka RADIO – Gottwaldov). AR (1969), č. 11, str. 363.
- [13] Caringella, Ch.: Beginner's FET Regen Receiver. Popular Electronics (1967), September, str. 40 až 46.
- [14] Šolc, I., Myslík, A.: Příjem na šesti pásmech se čtyřmi tranzistory. AR (1967), č. 12, str. 362 až 364.
- [15] Reflexní přijímač pro KV. AR (1965), č. 2, str. 23.
- [16] Novotný, G.: Návrh špičkového přijímače. AR (1968), č. 12, str. 474 až 475.
- [17] Navrátil, J.: Soustředěná selektivita. AR (1962), č. 5, str. 138.
- [18] Diefenbach, W.: KW – Transistor – Doppelsuper. Funk – Technik (1967), č. 17, str. 666 a 668; č. 18, str. 710 až 711.
- [19] Borisov, V.: Bločnyj radioprijomnik. Radio (1969), č. 6, str. 45 až 48.
- [20] Frolov, V.; Lajšev, Z.: Supergeterodyn s rastjanutými kv diapasonami. Radio (1969), č. 5, str. 17 až 19.
- [21] Čuchna, N.; Michálek, F.: Tranzistorové rozhlasové přijímače. Radiový konstruktér (1968), č. 1, str. 46 a 47.
- [22] ČSN 35 8031: Označování odolnosti součástek pro elektroniku proti vnějším vlivům. Praha: VÚN 1962.

OBSAH

	str.
Již čtyřicet let	1
Přijímače pro KV	2
Rozdělení kmitočtových pásem	2
Komunikační přijímače	4
Laděné obvody	7
Základní součásti laděných obvodů	7
Bezztrátový laděný obvod	9
Laděný obvod se ztrátami	12
Výpočet souběhu superhetu	14
Konstrukce laděných obvodů	17
Přímotesilující přijímače	21
Přijímač s detekčním obvodem	22
Přijímač s detekčním obvodem, nf a v předzesilovačem	25
Dvourozsahový přijímač s audionem	29
Přímotesilující přijímač se šesti rozsahy	34
Různá zapojení přímotesilujících přijímačů	41
Superhety	42
Příklady zapojení superhetů	42
Superhet se šesti rozsahy	46
Konstrukční pokyny	53

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR

– vydává Vydavatelství MAGNET, Praha 1, Vladislavova 26, telefon 234355-7 ● Šéfredaktor ing. František Smolík ● Redakce Praha 2, Lublaňská 57, tel. 223630 ● Redakční rada: K. Bartoš, ing. J. Čermák CSc., K. Donát, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradiský, ing. J. T. Hyan K. Krbec, K. Novák, ing. O. Petráček, ing. J. Plzák, M. Procházka, ing. P. Pytner, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, J. Ženíšek ● Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 4,50 Kčs, pololetní předplatné 13,50 Kčs, roční předplatné 27,— Kčs ● Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil MAGNET – administrace, Praha 1, Vladislavova 26. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel ● Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS – vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 ● Dohledací pošta 07 ● Tiskne Naše vojsko, závod 01, Na valech 1, Praha – Dejvice ● Za původnost příspěvků ručí autor. Redakce rukopis vrátí, bude-li vyžádán a bude-li připojena frankovaná obálka se zpětnou adresou ● Toto číslo vyšlo 23. února 1970

© Vydavatelství Magnet, Praha

Moderní lidé

nechtějí být otroky věcí, které jim mají sloužit.

Když **televizor**, tak kvalitní a s **bezplatným**
a rychlým servisem na zavolání telefonem.

Tak je tomu po celou dobu pronájmu televizoru
z MULTISERVISU TESLA. Takový **televizor může-**

te mít ihned – za přijatelné měsíční poplatky –

bez půjčky! Žádné papírování: K uzavření smlouvy

stačí **občanský průkaz**. Odvoz a instalace televi-

zoru je **zdarma**. Čekají vás příjemné večery

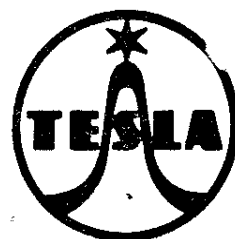
a bezstarostný požitok z televize. A ještě něco:

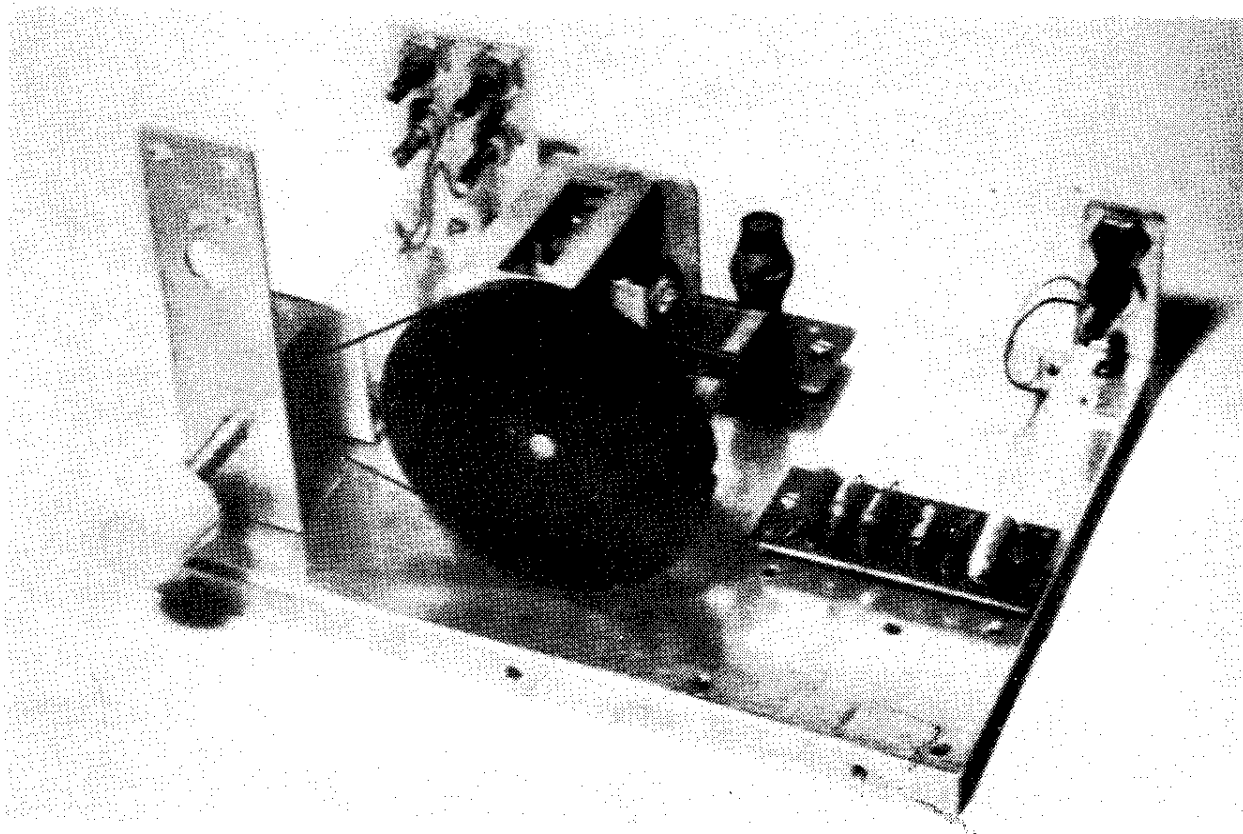
Za 4 roky můžete mít opět úplně nový a nejmoder-

nější televizor. Služba, která je v nejvyspělejších

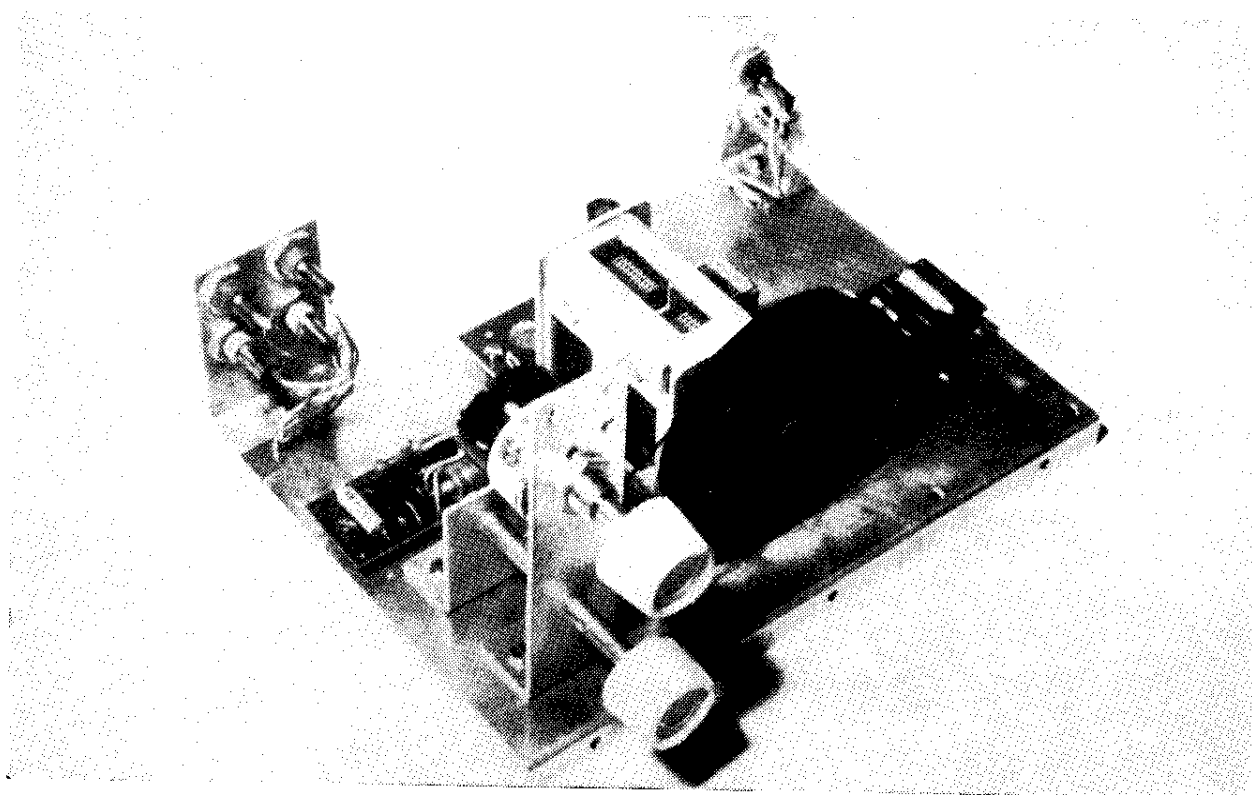
zemích světa běžná, stává se běžnou i u nás.

MULTISERVIS

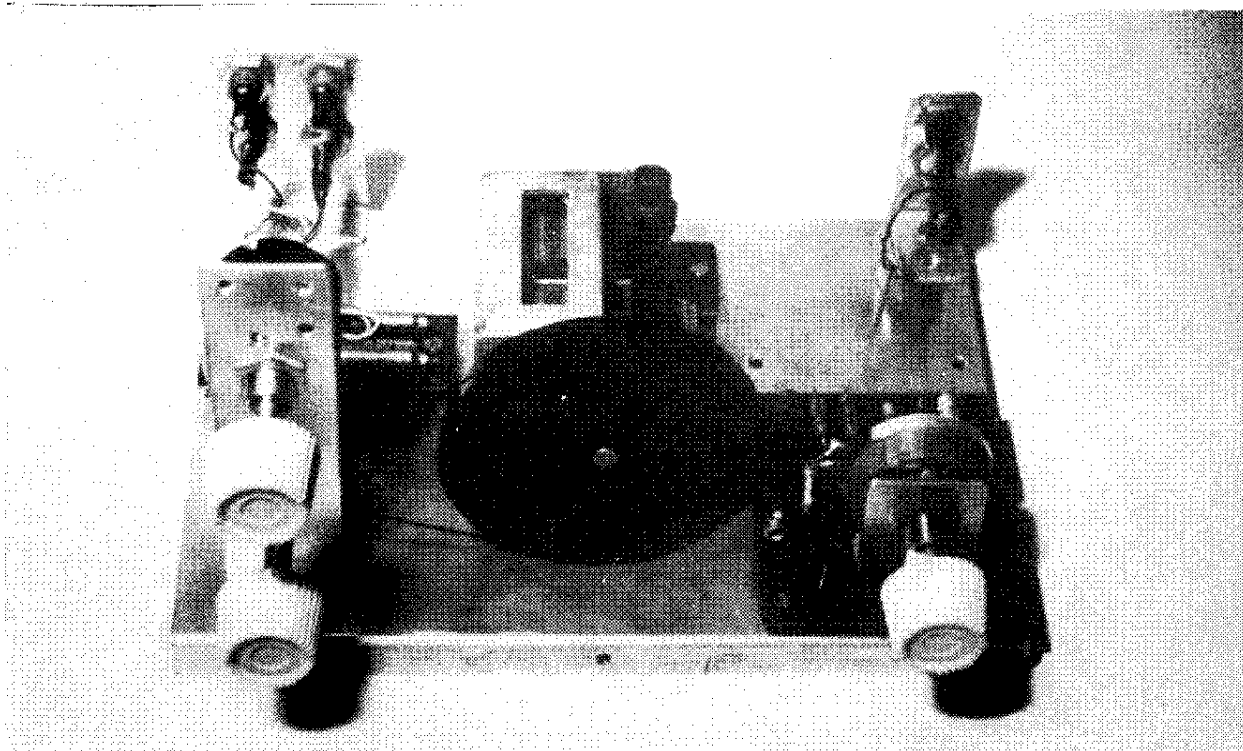




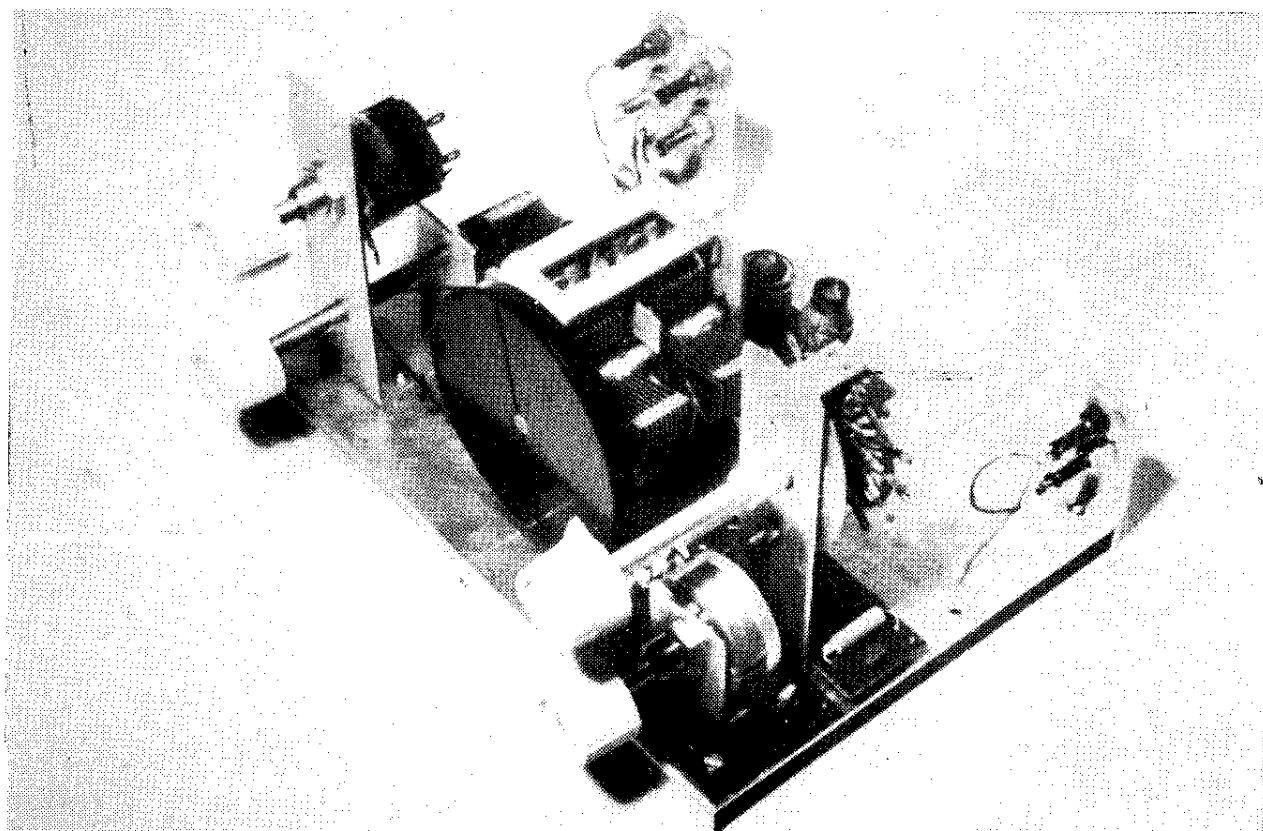
Obr. 32. Skutečný vzhled přijímače s detekčním obvodem



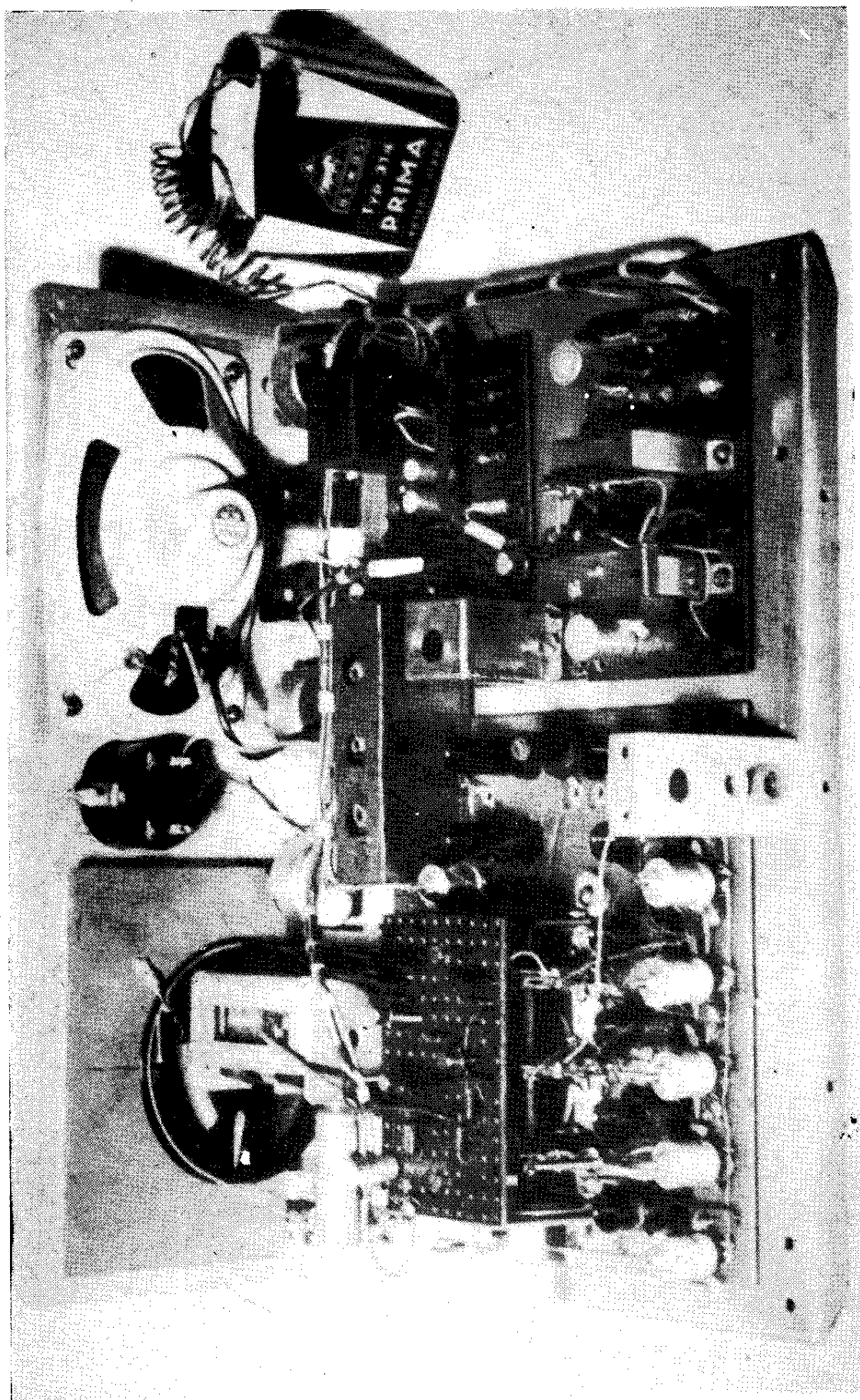
Obr. 43. Přijímač s detekčním obvodem a nf zesilovačem



Obr. 50. Skutečný vzhled přijímače s audionem



Obr. 54. Skutečný vzhled audionu se dvěma rozsahy (pohled zleva)



Obr. 95. Celkový pohled na superhet (bez zadního panelu)